

تجارب مسلية في الكيمياء

تجارب مسلية في

العلوم الطبيعية

أ. أولفين

تجارب مسلية في الكيمياء

ترجمة
الدكتور عيسى مسوح



دار «مير» موسكو

О. Ольгин

ОПЫТЫ БЕЗ ВЗРЫВОВ

Москва «Химия»

يتضمن هذا الكتاب تجارب كيميائية كثيرة تختلف في موضوعها ودرجة تعقيدها ، فمنها البسيطة جداً المخصصة للمبتدئين ، ومنها الصعبة والمحيرة التي انتقبت لتتفق مع اهتمامات الكيميائي الفتي الذي قطع مرحلة معينة في دراسة الكيمياء . وأرجو ألا ينزعج القارئ من هذا التنوع للتجارب . فكلما كان الاختيار واسعاً سهل انتقاء التجربة الملائمة سواء من حيث المقدرة أو الميول . ولا حاجة أبداً الى قراءة هذا الكتاب من أوله الى آخره ، بل يكفي أن يتفحصه التلميذ ويختار منه التجربة التي تهمة ، ولا بأس هنا من استشارة أستاذ الكيمياء (فنصيحته مفيدة دوماً) ومن ثم الشروع في العمل .

ومن الأفضل دائماً أن تجرى التجارب الكيميائية (بما فيها التجارب المعروضة في هذا الكتاب) في مخبر الكيمياء في المدرسة ، ليس فقط لأن المخبر هو المكان الأمين الوحيد (فالتجارب المنزلية لن تسبب أية اخطار اذا أجريت بدقة وإتقان) بل لأن وجود الأستاذ قريباً يقوى الثقة بالنفس ، ففي كل لحظة يمكن اللجوء اليه للمساعدة على تفسير ما يحدث من ظواهر فيزيائية وتفاعلات كيميائية وتقديم الارشادات والنصائح حول اجراء التجارب على أفضل وأبسط وجه .

ولكن مخبر الكيمياء ، مع الأسف ، ليس مفتوحاً طيلة

На арабском языке

© Издательство «Химия», 1986 г.

© حقوق الترجمة الى اللغة العربية محفوظة لدار « مير » ١٩٨٨
ISBN 5-03-000142-5

الوقت للتلاميذ كى يقوموا فيه بالتجارب على انفراد . فلا بأس من ذلك ، ولا يجوز أن يشكل هذا الوضع عائقا أمام طموح التلميذ نحو التزود بالمعارف الكيميائية . فالكثير من التجارب يمكن اجرائها في مخبر متواضع بسيط في المنزل . وستحدث في الباب الأول عن كيفية اعداد وتجهيز مثل هذا المخبر . ونرجو جميع القراء ، بلا استثناء ، أن يقرأوا هذا الباب بامعان ليس فقط لقناعتنا بأن كل قارئ سيجد فيه شيئا ما جديدا ومفيدا لنفسه ، وانما الغاية من ذلك هي التأكيد على أنه من غير المضر أبدا أن يتذكر التلميذ مرة أخرى كيف يمكن جعل التجارب أمينة وسهلة . وإذا كنت تقوم باجراء التجارب لأول مرة ، فما عليك الا أن تقرأ بامعان وتنفذ بدقة جميع النصائح والارشادات الواردة في هذا الباب .

واللع يعلم الكيمياء يبدأ عادة بالتجارب . وليس من قبيل الصدفة أن جميع الكيميائيين المشهورين تقريبا أحبوا منذ الطفولة اختبار المواد واجراء التجارب عليها . ولكن بعض الكيميائيين الناشئين يرى ، لسبب ما ، أن التجارب الحقيقية هي التي تحدث قرقرة وانفعالات ويرافقها لمعان وبريق وينتشر حولها ضباب ودخان كثيف وتفوح منها رائحة كريهة . وأؤكد لكم بأن هذا الرأي غير صحيح أبدا . فثمة العديد من التجارب الممتعة جدا لا تشكل خطرا ولا يرافقها أى شيء من هذا القبيل ولكنها لا تقل جمالا ومنفعة عن غيرها . وإذا كان والداك قلقين من عزمك على القيام بتجارب كيميائية فاسمح لهما بقراءة العبارة التالية :

إذا اتبعت نصائحنا وارشاداتنا عند اجراء التجارب الواردة

في هذا الكتاب فالأمان سيكون حليفك دوما ولن يحدث أى خطر من ذلك أبدا .

وأكرر مرة أخرى أن أفضل مكان لاجراء التجارب الكيميائية هو المخبر وليس البيت . والأكثر من ذلك أن بعض التجارب (وسنشير إليها في حينه) لا يجوز اجرائها الا في مخبر الكيمياء ليس فقط لكونها معقدة جدا ، وانما لعدم توفر الأجهزة والكواشف اللازمة في البيت .

ولكن عندما تصلح التجربة لاجرائها في مخبر المنزل فسنحاول قدر الامكان الاكتفاء بما هو متوفر لدينا من وسائل وأجهزة واستعمال المواد التي يمكن شراؤها في الصيدلية أو في مخزن بيع الأدوات المنزلية . وأشير الى أن بعض التجارب في هذا الكتاب بسيطة جدا لدرجة ان محبى الكيمياء من الفتيان الذين لم يبدأوا بعد دراسة هذا العلم الشيق في المدرسة قادرون على اجرائها بكل بساطة .

وانطلاقا من أن تجاربنا هذه سيقوم بها تلاميذ ذوو تجربة متباينة ومن سنوات مختلفة فاننا لم نعم ، كما هو متبع عادة في الكتب المدرسية ، بكتابة معادلات التفاعلات في كل حالة بل اكتفينا فقط بذكر المواد التي تنتج من هذا التفاعل أو ذلك . وهذا يجعل قراءة النص سهلة للذين لا يزالون يعتبرون المعادلات الكيميائية المعقدة لغزا محيرا لا يمكن حله . اما اذا اهتم تلاميذ المرحلة الثانوية بالمعادلة الكيميائية الدقيقة للتفاعل ، فبامكانهم أن يجدوها دوما في كتاب الكيمياء والمراجع الكيميائية الأخرى . ولتسهيل البحث عن ذلك قمنا من حين الى آخر بكتابة صيغ المواد الأصلية والناجمة أثناء سير التفاعل .

مخبر كيميائى فى المنزل

أرجوك رجاء حارا أن تقرأ هذا الباب حتى ولو كنت تنوى اجراء التجارب فى المدرسة وليس فى البيت . ففيه ، أولا ، قد تستفيد من بعض النصائح البسيطة حول استخدام الوسائل والأدوات اللازمة للتجربة . وثانيا ، وهذا هو الأهم ، فانتا سنبدا هذا الباب بالتحذيرات والتوصيات التى لا بد أن يعرفها جميع الكيميائيين الفتيان مهما كانت خبرتهم عريقة فى هذا المجال ، وأيضا أرادوا اجراء التجارب سواء فى المدرسة أو البيت . واليك فيما يلى سبعة شروط الزامية :

الشرط الأول والهام : يجب اتباع توصياتنا وتعليماتنا بدقة تامة .

فأنت تعلم ، طبعاً ، أن التفاعل الكيميائى الواحد يمكن أن يجرى بأشكال مختلفة عند تغير شروط التجربة ، وهذا ما يحدث ، مثلاً ، عندما تزداد درجة الحرارة أو تضاف مادة ما الى وسط التفاعل ، أو عندما تضاف المواد بترتيب غير الترتيب المشار اليه فى التجربة . وأنا أحذرك من فعل ذلك ، فليس هناك أى ضمان بأن التفاعل سيجرى كما هو مطلوب . وإذا لم تصدق ذلك فاليك مثال بسيط يؤكد صحة هذا القول .

لعلك تعرف أن تحديد (تخفيف) حمض الكبريت (حمض الكبريتيك) يتم بسكبه ببطء وعلى دفعات صغيرة فى الماء مع تحريك المحلول بحذر (وأرجو أن تتذكر هذه القاعدة دوماً) .

ولكن يبدو لأول وهلة أنه لا فرق أبداً فى أن تضاف هذه المادة على تلك أو العكس . فلماذا إذن لا تسكب الماء على الحمض ؟ أحذرك بالأى تفعل ذلك أبداً ! فلكل قاعدة كيميائية مغزاها العميق ، ولا أظن بأن العلماء يضعون القواعد ويقدمون النصائح لمجرد الكلام فقط وبدون أى سبب كان . فما هو السر إذن فى ضرورة سكب حمض الكبريت على الماء وليس العكس ؟

عند مزج حمض الكبريت مع الماء تنطلق كمية كبيرة من الحرارة . وباعتبار أن الحمض أثقل بكثير من الماء ، لذا فإنه يهبط فوراً الى الأسفل عندما يسكب على دفعات صغيرة فى وعاء يحوى الماء ويصبح الحد الفاصل الذى تنتشر عنده الحرارة تحت الماء . وعندئذ يسخن المزيج تدريجياً وبالتساوى وكأنه يسخن على سخانة كهربائية . أما عندما يسكب الماء الخفيف على الحمض الثقيل ، فإنه ، أى الماء ، ينساب على سطح الحمض مشكلاً طبقة رقيقة رقيقة فيسخن فوراً من الحرارة المنطلقة ويتحول الى بخار (وكان الماء سقط على مقلاة حامية) . ويحمل البخار معه رذاذاً من الحمض ، يؤذى العينين ويسبب حرقاً إذا ما سقط على الجسم والألبسة . وهذه هى نتيجة عدم اتباع القاعدة الكيميائية البسيطة .

فأرجوك أن تتبع تعليماتنا فى هذه الحالة وفى جميع الحالات الأخرى .

الشرط الثانى : لا تحاول أبداً أن تمزج مادتين لمجرد معرفة ومراقبة ماذا سيحدث نتيجة لذلك . فالنهاية قد تكون سيئة أحياناً .

نحوه اهتمام الكبار وبرجه عام ، فان الكيميائي المجرب لا يحقق نجاحا الا عندما يعمل بدقة واتقان .

الشرط السادس : يمنع منعاً باتاً مسك الكواشف باليدين ، والانحناء فوق القارورة التي يجري فيها التفاعل ، وشم المواد ذات الرائحة الواخزة . يجب حماية العينين ، قبل كل شيء ، والجسم واللباس من الرذاذ والحبيبات التي قد تتطاير أثناء التفاعل ؛ وبعبارة مختصرة : يجب أن تكون حذراً دوماً !

وأخيراً الشرط السابع الذي يجب عليك تنفيذه اذا أردت أن تصبح كيميائياً بكل معنى الكلمة : لا تبدأ بالعمل الا بعد أن تقرأ بامعان شروط التجربة من أولها الى آخرها وتتعرف على جميع خطواتها . سجل في دفتر كل شيء تحتاجه من أوان وكواشف وحوامل وماسك وما شابه ذلك ، حتى أن المنشقة يجب تسجيلها أيضاً . رتب جميع الاشياء على طاولة العمل بحيث يسهل الوصول اليها . وبعد انجاز كل ذلك يمكنك الشروع في العمل .

ولعلك لا تدرك مدى أهمية هذا الشرط الأخير . فعدم تنفيذه لن يجلب لك سوى البلبله والارتباك والفشل في نهاية الأمر . تصور أنك بدأت التجربة دون اعداد لها وحالما فتحت الكتاب . وإذا فيه تقرأ العبارة التالية : « اسكب في القارورة محلولاً من حمض الخل (الخليك) المخفف ثم الق فيه قطعة من كبريتيت الصوديوم ملفوفة بورقة ترشيع » ، لتفرض أنك قمت بذلك بسهولة (الا اذا قلبت القارورة الحاوية على الحمض عند بحثك عن ورقة الترشيح) . وما هو التفاعل قد بدأ . وبدأ الغاز تنطلق من القارورة . وفي هذا الوقت تتابع أنت قراءة

والأمر يختلف تماماً اذا كنت قد درست التفاعل بين هاتين المادتين في المدرسة وتعرف المواد الناتجة منه وكنت على يقين تام بأنه تفاعل غير خطر أبداً . وحتى ولو كنت على علم بكل ذلك ، فيجب أن تأخذ أقل كمية ضرورية من كل مادة ، أي عدة غرامات أو حتى عدة أجزاء من الغرام فقط . فهذه الكمية تكفي لمراقبة سير التفاعل . وإذا كان الهدف هو الحصول على كمية معينة من المادة الناتجة فمن الضروري أولاً اجراء تجربة تمهيدية للتعرف على تفصيلات التفاعل .

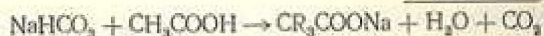
الشرط الثالث : لا تستعمل اواني المطبخ لاجراء التجارب . فتجاربك تحتاج الى أوان خاصة بها . ولا يجوز أبداً أن تذوق المواد (اذا لم يذكر مباشرة وبوضوح في نص التجربة بأن المادة الناتجة يمكن تذوقها) .

الشرط الرابع : احفظ الكواشف في زجاجات خاصة والصق عليها بطاقة تحمل اسم الكاشف الموجود في داخلها . وإذا لم تعد بحاجة الى المادة الناتجة فلا ضرورة للاحتفاظ بها ومن الأفضل التخلص منها وطرحها جانباً .

الشرط الخامس : لا يجوز أن تترك الأواني وسخة . فاحياناً يصعب تنظيفها بعد ذلك وتضطر الى رميها في سلة القاذورات وهو أمر يؤسف له . هذا من جهة ، ومن جهة أخرى ، فإن بعض المواد يتأكسد في الهواء ويستمر التفاعل بينها الى ما بعد الانتهاء من التجربة وتتكون في النهاية مواد غير المواد التي كنا نتوقع الحصول عليها . وبالأحرى يجب تنظيف الأواني جيداً فور الانتهاء من التجربة .

وعلى كل حال ، فالنظافة تجعل العمل أمتع وألذ وتجذب

هدف التجربة : دراسة تفاعل محلول بيكربونات الصوديوم بواسطة حمض الخليك في وجود دليل ما .
المصدر : «تجارب عملية في الكيمياء» ، دار «مير» .
معادلة التفاعل :



المواد اللازمة : ١- بيكربونات الصوديوم NaHCO_3 (صودا الخبيز)

٢- محلول حمض الخليك CH_3COOH (خل المائدة)

٣- الدليل : فنولتالين يباع في الصيدلية

الأدوات : كأس زجاجي ، ماصة .

سير التجربة والمشاهدة : يذاب في ١٠٠ سم^٣ من الماء نصف ملعقة شاي من بيكربونات الصوديوم ويضاف إليها ربع حبة تقريبا من الفنولتالين بعد سحقها وتحويلها الى ناعم ...
النتائج :

وإذا كانت ملاحظاتك دقيقة ونتائجك صحيحة ، فهذا يعني أنك لم تنجح في اجراء التجربة فحسب (وهذا أمر مسر بحد ذاته) ، بل وأصبحت تفهم مغزاها وتستخلص الفائدة منها (وهذا أهم بكثير) . وأرجوك أن تطلع باستمرار على كتب الكيمياء فمنها تفهم مبدأ التجربة وخصائصها . وقد تركنا قصدا هذه المهمة لك لأن حجم الكتاب لا يسمح بذلك والا لضطررنا الى حذف عدد من التجارب . وهذا ما لا نرغب عمله حقا .
والآن ، وبعد أن اطلعت على الشروط والملاحظات الواردة أعلاه ، والتي نأمل أن تهتم بها وتنفذها بكل جدية ، فقد حان الوقت الى الاهتمام بتجهيز وتنظيم مخبرك المتواضع .
وأظن بأن ما ستقوم بعمله الآن أقل متعة من اجراء التجارب

المرحلة التالية من التجربة : «اغلق القارورة بسدادة مزودة بانبوبة توصيل واترك الغاز يمر خلال محلول من برمنجنات البوتاسيوم» . كن على يقين بأن التفاعل في القارورة سينتهي وأنت ما تزال تفتش عن السدادة وتختار لها انبوبة التوصيل المناسبة . وسنضطر الى اعادة التجربة مرة أخرى . فهل كان من الصعب عليك أن تقرأ التجربة مسبقا وتعد لها كل ما يلزم ؟
وإذا كانت معرفتك بالكيمياء ليست سيئة كان من المفيد جدا لتنفيذ هذا الشرط أن تسجل معادلات التفاعلات التي تجرى أثناء التجربة . عندئذ تصبح جميع خطواتك أكثر وضوحا ، ويمكنك أن تغير الى حد ما شروط التجربة وتوسع اطارها . ولكن ، أكرر القول هنا بأنه لا يجوز القيام بذلك الا عندما تتوفر لديك القناعة التامة بأن التجربة ستجرى كما هو متوقع لها .

وننصح جميع الكيميائيين القتيان ، مهما كانت خبرتهم جيدة في مجال الكيمياء ، بأن يخصصوا دفترا للمخبر يسجلون فيه خطة العمل وقائمة بالكواشف والأجهزة اللازمة ويلتصرون بالتفصيل شروط التجربة ومعادلات التفاعلات والكميات اللازمة من المواد المتفاعلة وبعدها تسجل فيه الملاحظات والنتائج التي تم الحصول عليها .

ولأخذ فكرة أوضح عن كيفية تنظيم دفتر المخبر نورد فيما يلي مثالا على ذلك . ولا أطلب منك أن تأخذ هذا المثال كنموذج يجب اتباعه بحذافيره ولكنني أعرضه أمامك للاطلاع فقط . وما عليك الا أن تنظم دفترك كما تراه مريحا وملائما لك .

ولكنه أمر ضرورى لا بد منه . وعلى كل حال ، فان تجهيز المخبر بالأدوات والكواشف عمل مفيد أيضا .

وإذا كان تصورك لكلمة «المخبر» هو غرفة فسيحة فيها خزانة (نافذة) لسحب الغازات وأدوات زجاجية وأفران كهربائية ومضخات وتعلق على جدرانها خزائن مملوءة بالأواني والكواشف ، فانت مخطئ في حالتنا هذه . فنحن نعى بذلك زاوية متواضعة فى غرفة (ليست غرفة النوم طبعاً) يمكن أن توضع فيها طاولة صغيرة يعلق فوقها رف أو رفين على الأكثر . ولكن ، عليك أن تنفذ الشرطين التاليين قبل شروعك بالبحث عن هذه الزاوية فى بيتك : الشرط الأول وهو أن تسأل نفسك ما يلى : هل أنت عازم حقاً على اجراء التجارب الكيميائية ؟ وهل يكفى عندك الصبر والجلد على القيام بهذه المهمة بكل دقة وجدية ؟ ألا تنزعج من الاعداد للتجارب ومن الأعمال المملة كتنظيف مكان العمل وغسل الأواني الوسخة ؟ وإذا كان جوابك ايجابياً ، فلا يبقئ عليك الا أن تنفذ الشرط الثانى وهو الحصول على موافقة والديك على القيام بالتجارب الكيميائية فى المنزل . وآمل أن تبلغ مأربك باصرارك الثابت وقناعتك الراسخة .

ولنبداً الآن معا باعداد مكان العمل .

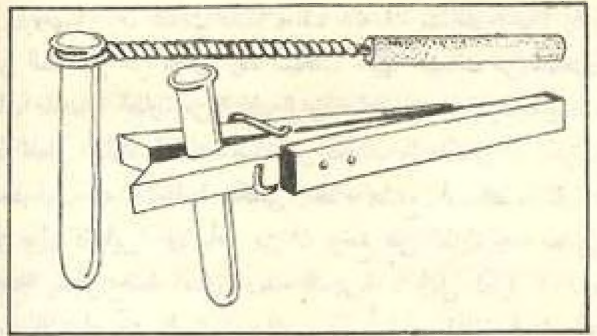
يفضل وضع طاولة العمل بالقرب من النافذة حيث الاضاءة جيدة ولأن العمل بالقرب من النافذة يجعل من السهل تهوية الغرفة (وهذا أمر ضرورى فى بعض الأحيان) . وإذا لم يتوفر مكان بالقرب من النافذة وجب الاهتمام باضاءة كهربائية جيدة . وعلى أية حال ينبغى أن نتذكر أنه لا يجوز اجراء التجارب الكيميائية فى غرفة عاتمة .

ومهما كان عملك دقيقاً ومثقاً فإنه قد يتساقط أحياناً رذاذ من المحاليل على الطاولة وقد تنسكب عليها حبيبات من مسحوق ما . فلحماية الطاولة من التلف ، وتقادياً للحوادث المزعجة يجب أن تغطي الطاولة بقطعة سميكة من الخشب المعاكس أو الكرتون المضغوط وعند الحاجة يكفى بغطاء مشمع أو غطاء شفاف من بولى الاثيلين . ولا بأس من أن يوضع على الطاولة وعاء معدنى واسع يمكن غسله بسهولة بعد التجربة . وعلى فكرة ، فإنه بعد الانتهاء من العمل يجب مسح الطاولة بقطعة قماش أو اسفنجة مبللة بماء فاتر ثم تشيئها جيداً .

ومن المريح جداً أن يعلق فوق الطاولة رف أو خزانة صغيرة يوضع فيها كل ما يلزم للتجارب . وإذا تعذر ذلك وجب وضع الأواني والكواشف فى مكان واحد قريب من الطاولة ، ولا يجوز أبداً بعثرتها فى مختلف أرجاء الغرفة .

وعليك أن تقتنى فوطـة (منزراً) سميكة يفضل أن تكون من قماش مشمع . فستضطر أحياناً الى التعامل بمواد كاوية وعندئذ لا داع أبداً لتخريب لباسك . واشتر فى الصيدلية أو فى مخزن الأدوات المنزلية زوجين من القفازات المطاطية (تحتاجها فى بعض التجارب) . ويجب اقتناء نظارات واقية ، وإن كنت ستستعملها فى حالات نادرة وبخاصة عندما يوجد خطر من ترذذ السائل من الاناء .

ولنتحدث الآن عن الأدوات والأواني المخبرية : طبيعى أنه من الأفضل أن تكون لديك أدوات كيميائية حقيقية كالدوارق والكؤوس الكيميائية والبواتق وغيرها . ولكن تحقيق ذلك ليس



ممكنا في أكثر الأحيان . ومع ذلك فهناك حل لهذه المشكلة ، وهو أن تستعمل ما هو متوفر لديك .

فيمكن ، مثلا ، الاستعاضة عن أنابيب الاختيار بأنبولات زجاجية ذات جدار رقيق (كالتى توضع فيها العقاقير الطبية) ولكن ، انتبه الى أنه لا يجوز تسخينها على لهب مكشوف لأن قعرها مستو ولكنها تتحمل التسخين فى حمام مائى . وتصلح الزجاجات التى يوضع فيها البنسلين وغيره من الأدوية لاجراء التجارب وحفظ المواد . وستحتاج فى الفترة الأولى الى عشر زجاجات منها لا أكثر .

يجب أحيانا تسخين الانابيب . وعندئذ لا يجوز مسكها ، طبعاً ، باليدى وإنما تمسك بممسك خاص . ولا أظن أنك ستجد أفضل من ملقط الغسيل الخشبي لهذا الغرض . وملقط الغسيل يمكن تطويله بثبيت قضيب خشبي على أحد طرفيه . ومن السهل صنع ممسك أو ملقط من سلك معدني سميك ولين . ولكن لا تنسى عندئذ أن تلبس طرفه الذى ستمسكه دائما بيدك بقطعة من المطاط أو أن تلفه بشريط من القماش العازل .

لا تحتاج معظم التجارب الى حامل خاص . ولكن الأفضل أن تصنع حاملا لأنابيب الاختبار كى لا تضطر الى مسكها بيدك فترة طويلة . وأسطح حامل يمكن تأمينه هو عارضة خشبية عليها ثقب يزيد قطرها قليلا عن قطر أنابيب الاختبار . ويمكنك الاستفادة من زجاجات الأدوية التى تغلق ففتحها عادة بسدادات من بولى الاثيلين واستخدامها كالوان كيميائية . وهذه السدادات مريحة جدا لأنها تصلح لعدد كبير من الزجاجات ولأن بولى الاثيلين ، وهذا هو الأهم ، لا يتأثر بالأحماض والعديد من المذيبات العضوية ولهذا تستعمل لسد الزجاجات التى تحفظ فيها كواشف تؤثر مع الزمن على السدادات المطاطية . وعلى فكرة ، فإن هذه السدادات يمكن أن تستعمل كوعاء لاجراء التجارب فيها عندما تكون كمية المواد المتفاعلة صغيرة . وتصلح الزجاجات والبواقي التى كانت تستعمل أصلا لحفظ المربيات والمأكولات وغيرها لاجراء بعض التجارب ولحفظ الكواشف أيضا . وتذكر دوما أنه لا يجوز تسخين الأواني الزجاجية ذات الجدران السميكة لأنها قد تشقق وتتكسر بسبب التسخين . وستنصحك فى حينه باستعمال هذا الاناء أو ذلك لاجراء التجربة . وإذا لم تنطبق لذلك فبإمكانك أن تستعمل أى اناء متوفر لديك .

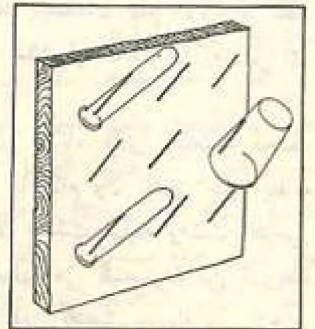
ومهما كان نوع أو شكل الاناء الذى تستعمله لحفظ المواد الا أنه يجب أن يغلق بإحكام وأن تلتصق عليه بطاقة تبين نوع المادة المحفوظة والا حدثت البلبلة وعمت الفوضى مخيرك . وأبسط الطباقات وأفضلها هى المصنوعة من الأربطة (الضمادات) الطبية اللاصقة ، فهى تلتصق بسهولة على الزجاج

ويمكن أن يكتب عليها بقلم الجبر الناشف وتجديد الكتابة عند الضرورة . كما ويمكن صنع بطاقات من الورق تلتصق على الزجاج بواسطة صنع خاص . ويفضل ، لبقائها فترة طويلة ، أن تغطى جيدا بشريط لاصق شفاف .

يجب غسل الأواني جيدا قبل استعمالها وبعده . وإذا كان الاناء سخا وجب غسله بمسحوق الغسيل وفرك جدرانه جيدا بالفرشاة ثم شطفه عدة مرات بماء نقي .

لا تغسل الاناء قبل التجربة فحسب بل ويجب غسله ايضا بعد التجربة فوراً والاحتفاظ به نظيفاً (وهذا ، بالمناسبة ، أفضل وأسهل لأن الوسخ قد يلتصق جدا على الجدران بعد فترة من الزمن بحيث يصعب من الصعب قشطه عنها) . وأفضل طريقة لتنشيف الأواني النظيفة هي أن تعلق بحيث يسيل منها الماء بسهولة . ولهذا الغرض يمكن صنع « مجفف » بسيط : تدق على لوحة خشبية سمكة مسامير طويلة الى آخرها ثم يثنى طرفها الظاهر (بزاوية قدرها ٤٥° تقريبا) ويلف عليه شريط من القماش العازل أو يغطى بانبوبة مطاطية كي لا يخدش جدار الاناء . وأخيرا تعلق هذه

اللوحة على الجدار ويوضع تحتها وعاء لجمع الماء الذي سيسيل من الأواني الزجاجية المعلقة عليها . وهكذا تكون قد صنعت بنفسك مجففا لا بأس به .

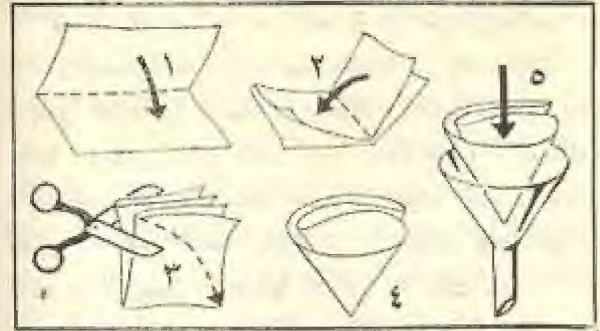


وتضطر أحيانا أثناء سير التجربة الى شئ أو تكليس مادة ما . والكيميائي عادة يقوم بهذه العملية في وعاء خزفي . وإذا لم يتوفر لديك وعاء كهذا ، فبإمكانك استعمال علبة صفيح عادية . ويكفي ، إذا كانت كمية المادة صغيرة ، أن تستعمل ملعقة حساء أو حتى ملعقة شاي من الفولاذ الذي لا يصدأ . وطبعي أن هذه الملعقة وغيرها من الزجاجات والعلب والأواني الأخرى لا يجوز استعمالها للأكل بعد ذلك .

ويفضل أن تشتري ملاعق من الفولاذ لمخبرك . فهي تصلح ليس فقط للشئ وإنما يمكن استعمالها بدلا من الملوقة . ويمكن الاستغناء حتى عن الملوقة عندما تجرى التجربة في انبوب اختبار . ولنتحدث الآن قليلا عن المرشحات التي ستحتاجها دائما عند اجراء التجارب حيث مستكرر أمامك مرارا النصيحة التالية : رشح السائل أو افصل المحلول عن الراسب . والحقيقة أنه يمكن أحيانا الاستغناء عن الترشيح . فإذا كان الراسب ثقيلًا وكثيفًا أمكن سكب السائل من فوقه في كأس نظيف (تسمى هذه الطريقة بالآبانة أو الترويق) . ومع ذلك فالترشيح عملية ملازمة لمعظم التجارب . وعليه يجب أن تتعلم تحضير أوراق الترشيح . وهذه عملية ليست صعبة ولكنها تحتاج الى ورق خاص غير مشيع بالصمغ .

والجميع ، وحتى تلاميذ السنة الأولى ، يعرفون هذا الورق جيدا : فالورق الشفاف (الذي يستعمل لتنشيف الجبر) ما هو الا ورق ترشيح حقيقي .

ولتحضير المرشح تؤخذ قطعة مربعة من ورقة الترشيح وتطوى من نصفها فتحصل على قطعة مستطيلة ثم تثنى هذه القطعة من



نصفها وتطوى فنحصل على قطعة مربعة ، وبعد ذلك تقص أطراف هذه القطعة كي نحصل عند فتحها على مخروط قاعدته دائرية . لاحظ أن نصف هذا المخروط قد تشكل من طبقة واحدة من الورقة والنصف الآخر من ثلاث طبقات .

وشمة مرشح آخر أعقد بقليل وهو المرشح ذو الثنايا . ولتحضيره تؤخذ ورقة ترشيح دائرية وتثنى عدة مرات بحيث يتشكل ما يشبه بالأكوردبون . والسبب في ذلك هو أن السائل يترشح من خلال هذه الثنايا بسرعة أكبر . ولكن المشكلة هنا هي أن الراسب الثقيل يمكن أن يشقه . وعليه يصالح هذا المرشح للرواسب الخفيفة فقط أو للبلورات الكبيرة .

وهما كان شكل ورقة الترشيح التي تستعملها ، فانه يجب أن توضع في القمع الزجاجي أو البلاستيكي (الذي يباع في الصيدلية أو في مخزن الأدوات المنزلية) بحيث تلتصق به جيدا وتكون نهايتها العلوية أخفض بعدة مليمترات من نهاية القمع . وقبل العمل تبلل ورقة الترشيح بالمذيب (وهو الماء عادة لانا ستعامل بالمحاليل المائية في معظم الأحيان) ثم

يسكب المحلول مع الرأس بحدود . وعملية الترشيح تحتاج الى صبر لأن السائل يمر ببطء خلال ورقة الترشيح المبيلة . وإياك أن تقص أنف الورقة لاسراع الترشيح .

وأحيانا يمكن الترشيح خلال قطعة قماش أو عدة طبقات من الشاش ، وهذه العملية أسرع الى حد ما ولكنها أقل فعالية . وسنذكر عند الضرورة نوع المرشح الذي يمكن استعماله في كل حالة والا يمكنك استعمال ورقة الترشيح كما شرحنا أعلاه . وتحتاج في معظم التجارب الى تسخين المواد المتفاعلة .

فإذا كانت درجة الحرارة المطلوبة لا تزيد عن ١٠٠°م كان من الأفضل (الأسلم) استعمال حمام مائي . ويقصد بذلك أية طنجرة (بفضل أن تكون ذات يد) أو أية علب كونسرو مملوءة بالماء . سخن الماء حتى درجة الحرارة المطلوبة (حتى الغليان مثلا) ثم يغمر فيه الأنبوب الاختبار أو الزجاجية الحاوية على المزيج المتفاعل . ولتثبيت الأنبوب كي لا يسقط في الماء يلف بسلك معدني . وتسد نهايتا السلك على حافة الطنجرة أو العلية ، أو يصنع غطاء للطنجرة من الخشب المعاكس (الرقائقي) فيه ثقب للأنابيب التي تثبت على الغطاء بأسلاك قصيرة .

ولا حاجة لتغطية الكأس عند تسخين المادة فيه . كما لا يجوز وضعه على قعر الطنجرة مباشرة وإنما يوضع على قطعة من الخشب مثقوبة بعدة ثقب لمرور الماء فيها . ولتثبيت هذه القطعة خشية أن تطفو على سطح الماء يراعى أن يكون قطرها كقطر الطنجرة بحيث تدخل بصعوبة فيها .

ولا يجوز استعمال كمية كبيرة من الماء بل يكفي أن يكون الكأس أو أنبوب الاختبار مغمورا حتى تصفه فقط بالماء .

وإذا لم تتوفر لديك منجيات ، فبإمكانك استعمال قطع النقود المعدنية بعد التأكد من وزن كل قطعة منها (ونذكر على سبيل المثال أن وزن القطع النقدية الصغيرة السوفيتية ، وهي كوبيك واحد وكوبيكان وثلاثة كوبيكات وخمسة كوبيكات هو بالترتيب : ١ غم و ٢ غم و ٣ غم و ٥ غم) كما ويصلح الميزان ذو الذراع لاستخدامه في تجاربنا لأن معظمها لا يتطلب أوزانا دقيقة جدا .

وبخصوص قياس الحجم يفضل استعمال الكؤوس الحجمية المدرجة التي تباع في الصيدليات . وعند الحاجة يمكن لهذا الغرض استخدام قنينة (زجاجة) الحليب المدرجة التي تستعمل لاطعام الأطفال الرضع .

وسنحتاج أحيانا إلى أجهزة أكثر تعقيدا من الأجهزة المذكورة أعلاه . ومعظمها يمكن تركيبه من الوسائل والأدوات المتوفرة بين أيدينا وستحدث في حينه عن ذلك . والآن وبعد أن أصبح كل شيء جاهزا لديك ، فإني أدعوك إلى الشروع بالعمل .



ويمكن أن يعوض عن الماء المتبخر بإضافة كمية قليلة منه . يسخن الحمام المائي إما على مصباح غازي أو على سخانة كهربائية (كن دقيقا ومتنبها في عملك) ، وإذا كان من الضروري تسخين المادة على اللهب مباشرة لبلوغ درجات حرارة مرتفعة ، فمن الأفضل ألا تستخدم لهب جهاز الغاز الموجود في المطبخ وإنما يمكن استعمال المصباح الكحولي لهذا الغرض . ثمة طريقة أخرى للتسخين حتى درجة حرارة مرتفعة وهي الاستعانة بحمام رملي . ولهذا الغرض تبسط في مقلاة صغيرة طبقة من الرمل الجاف لا يزيد سمكها عن ٢ سم وتوضع على الرمل جفنة من الخزف أو علب معدنية تحوي المزيج المتفاعل وتسخن المقلاة على سخانة كهربائية . وهذه طريقة للتسخين قديمة وأمنة ولكنها بطيئة مع الأسف .

ونختتم هذا الباب بالتحدث قليلا عن تعيين الكتل والحجوم . ففي مخبر المنزل يكفي أن يستعمل ميزان الشعرية الذي يباع في مخازن أجهزة التصوير لوزن الكواشف المستعملة لإظهار الصور الفوتوغرافية فهو دقيق إلى حد كاف ورخيص الثمن .

التجارب الأولى

أن التجارب المعروضة فى هذا الباب هى أول التجارب وأبسطها . فهى مخصصة لأولئك الذين لم يتعرفوا بعد على الكيمياء أو انهم بدأوا لتوهم دراسة هذا العلم الشيق . ولا شك بأن تلاميذ السنوات الأخيرة قد يعملون فى هذا الباب ما هو مفيد لهم أيضا . فليس فى الكون انسان يعلم كل شئ . وبالمناسبة ، فهل اطلعتم سابقا على هذه التجربة البسيطة والمعبرة جدا ألا وهى الرسم باليود على الحديد ؟ فدعونا اذن نبدأ بها هذا الباب .

الرسم باليود

ان ما يميز هذه التجربة هو أن ما تحتاجه قليل جدا ومتوفر فى البيت : شمعة ومحلول من اليود وقطعة ما من الحديد . وننصحك بأن تأخذ قطعة حديدية نالفة كمفصلة باب قديمة أو مفتاح لففل مجهول أو قفل ضاعت مفاتيحه . نظف السطح الذى ستطبع عليه الصورة تنظيفا جيدا بورق صنفرة حتى يصبح لامعا . اشعل الشمعة واحنيها فوق القطعة الحديدية كي يتساقط البارافين عليها . سخن القطعة الحديدية باطفئ حتى ينتشر عليها البارافين مشكلا طبقة رقيقة . وبعد أن يبرد البارافين نخلط عليه بآبرة خطوطا عميقة تصل الى سطح المعدن .

نقط محلول اليود بواسطة الماصة على هذه الخطوط ، وبعد عدة دقائق يصبح لونه شاحبا وعندها يجب التنقيط منه مرة أخرى . انزع البارافين من على سطح الحديد بعد حوالى ساعة فتلاحظ على السطح آثارا واضحة للخطوط التى رسمتها على البارافين .

إذا نجحت هذه التجربة فبإمكانك الانتقال الى عملية أكثر جدية وهى كتابة كلمة أو اسم أو رسم شكل معين على أداة حديدية تختصك وذلك لتمييزها عن غيرها .

دعونا نبحث ماذا يحدث عندما يمس اليود قطعة الحديد . الواقع أن الحديد يتفاعل عندئذ مع اليود مكونا ملحاً يدعى يوديد الحديد . وهذا الملح عبارة عن مسحوق يتفصل بسهولة من على سطح القطعة الحديدية وتتكون على السطح آثار للخطوط التى رسمت على البارافين . وتسمى هذه الطريقة بالحفر الكيميائى وهى تطبق كثيرا وتستعمل فيها مواد أكثر فاعلية من اليود .

وبالمناسبة فذكر أن اليود لا يتفاعل مع الحديد فقط ، وانما يتفاعل مع النحاس أيضا . اذن يمكن الحفر باليود على أدوات مختلفة من النحاس وسبائكها . وبإمكانك أن تجرب ذلك بنفسك .

ادلة (مشعرات) من صنعك

فى المخابر الكيميائية يلجأ أحيانا الى الأدلة للكشف عن هذه المادة أو تلك ولكن الوظيفة الرئيسية للأدلة هى التعرف على حموضة الوسط ، ذلك أن سلوك المواد وطبيعة التفاعلات تتعلق الى حد كبير بهذه الخاصية . وسنحتاج فى تجاربنا هنا

أكثر من مرة الى الأدلة . وبما أنها ليست متوفرة دوماً في الصيدليات والمخازن لذا سنحاول أن نحضرها بأنفسنا معتمدين على النباتات كمادة أولية : فالعديد من الزهور والثمار والأوراق والجذور يحوى مواد ملونة تستطيع تغيير لونها كرد على التأثيرات الخارجية ، وما أن تقع فى وسط حمضى (أو قلوى) حتى تبتسنا بذلك .

تجمع « المادة الأوعية » النباتية فى فصل الصيف ، فهي تنتشر فى الغابة والحدائق والبساتين : اجمع السوسن والتوليب (نبات من الفصيلة الزنبقية) والورود وزهر الثالوث (نوع من البنفسج) واجمع أيضا ثمار الخباز وتوت الأرض (الفراولة) والعليق والعنبية (عنب الأجر) واحتفظ بعدة أوراق من الملفوف (الكرنب) البنفسجى والشوندر .

وبما أن محاليل الأدلة تحضر بسلق المادة الأولية (كما يحضر مرق اللحم مثلا) لذا فأنها تفسد بسرعة ويجب تحضيرها قبل البدء بالتجربة مباشرة . خذ قليلا من مخزون المادة الأولية المتوفرة لديك وضعه فى انبوب اختبار ثم اسكب الماء فوقه . سخن الانبوب على حمام مائى الى أن يتلون المحلول . رشح المحلول بعد تبريده واحتفظ الرشاحة فى زجاجة نظيفة عليها بطاقة تحمل اسم الدليل .

ولاستعمال هذه الأدلة فى فصل الشتاء يجب جمع الثمار والزهور فى فصل الصيف وتحفيقها وتوزيعها فى زجاجات خاصة . وعند الحاجة يحضر الدليل بالطريقة السالفة الذكر .

ولمعرفة الدليل الذى يتأثر فى هذا الوسط أو ذاك وكيف يتغير لونه عندئذ لا بد من اجراء تجربة تفصيلية : نقطط بالماء:

عدة نقاط من محلول الدليل (الذى حضرته) فى محلول حمضى (محلول الخل المستعمل فى المنزل) أو فى محلول قلوى (كربونات الصوديوم مثلا) . فاذا أضفت خلاصة زهر السوسن ذات اللون الأزرق الفاتح الى محلول الخل أصبح لونها أحمر بينما يصبح أزرق مخضرا فى محلول كربونات الصوديوم .

رتب نتائج جميع هذه التجارب فى جدول كالجداول التالى . وليست الأوراق والثمار وحدها تقوم بمهمة الأدلة . فبعض أنواع العصير تتأثر ويتغير لونها بتغير حموضة الوسط الذى توجد فيه (كعصير الكرنب الأحمر وعصير الكرز وعصير العنب وغيرها) . والطريف أن الحساء (شوربة) المصنوع من الشوندر يقوم بدور الدليل أيضا . واعتقد أن ربة البيت تعرف ذلك جيدا وتستغل هذه الخاصة عند مرق الشوندر ليس لغرض التحليل وإنما لجعل لون الحساء أحمر ساطعا إذ تضيف اليه قبل الانتهاء من سلقه قليلا من حمض غذائى كحمض الخل أو حمض الليمون .

وثمة دليل آخر يستعمل بشكل واسع فى المخابر وهو الفينولفتالين (ويدعى أحيانا فيتول الفثالين) وسنحضره من حبيبات تحمل الاسم نفسه وتباع فى الصيدليات : اصنع حبة أو حيتين منه واذبها فى ١٠ سم³ تقريبا من ماء فاتر . لاحظ أن الذوبان لن يكون كاملا لأن هذه الحبيبات تحوى بالإضافة الى الفينولفتالين « مادة حشو » (مادة مالئة) من الطلاق أو الطباشير . رشح المحلول الناتج خلال ورقة ترشيح مبللة واجمع الرشاحة فى زجاجة عليها بطاقة تحمل اسم « دليل الفينولفتالين » . والمحلول الناتج عديم اللون ولا يفسد مع الزمن وستستعمله أكثر من مرة

للتأكد من قلوية الوسط حيث يصبح لونه أحمر فيه . وللتأكد من ذلك أضف نقطة أو نقطتين منه الى محلول صودا الغسيل . وفيما يلي نموذج للجدول الذى يجب أن ترتب فيه الأدلة :

الدليل	لون المحلول		
	الأصل	فى وسط حمضى	فى وسط قلوى
عصير النعنع	أحمر قاتق	أحمر	أخضر
السوسن الأزرق	أزرق سامع	أسمر	أزرق مخضر

ونختم حديثنا عن الأدلة النباتية بالقصة التالية وهى أنه فى غابر الزمان كانت العادة المتبعة عند النبلاء أن يكتبوا الدعوات على أوراق الأزهار . وكانوا يستعملون فى كتابة النص محلولاً حمضياً أو قلوياً وذلك تبعاً لنوع الزهرة وللون الذى يراد أن يظهر فيه نص الدعوة . جرب ، إذا أردت طبعاً ، الكتابة بهذه الطريقة بشرط أن تختار بنفسك الأوراق والمحاليل اللازمة لذلك . ولكن تذكر أن المحلول لا يجوز أن يكون مشبعاً كى لا تتلف الورقة الناعمة ، وأن الكتابة لن تبقى فترة طويلة كما نريد . وبالرغم من ذلك فالتجربة طريفة وممتعة إذا تحجيت طبعاً .

تجارب على الاستخلاص

ستعرف الآن على عملية واسعة الانتشار فى الصناعة والمخابر الكيميائية تدعى الاستخلاص . اسحق عدة جوزات (بلا قشور طبعاً) أو حفنة من بذور

عباد الشمس المقشورة أيضاً وضعها فى أنبوب اختبار ثم اسكب عليها البنزين حتى يغمرها تماماً (انتبه الى أنه لا يجوز أن يكون بالقرب منك أى مصدر للنار ، فالبنزين يشتعل فوراً) . خض محتويات الأنبوب واتركها لتستقر مدة ساعتين مع تحريكها من فترة الى أخرى ، ثم اسكبها على صحن وضعها بالقرب من النافذة كى يتبخر البنزين منها . وستلاحظ أنه سيبقى على الصحن (بعد أن يتبخر البنزين) قليل من الزيت . وهكذا تكون ، بواسطة البنزين ، قد استخلصت الزيت من البذور . وقد تم ذلك لأن الزيت يذوب جيداً فى البنزين وهذه العملية بالذات تسمى بالاستخلاص .

وبامكانك الحصول على الزيت من بذور أخرى ، ولكن لا يجوز أن تتذوقه أبداً .

واليك تجربة أخرى على أوراق النباتات وهى تحتاج الى حمام مائى وكأس رقيق الجدران (تذكر أنه اذا كانت جدران الكأس سميكه فربما تشققت أثناء التسخين) .

خذ ورقة طازجة من نبات ما وضعها فى كأس زجاجى . ثم اغمرها بكحول مخفف (ممدد) . سخن الماء فى الحمام المائى ثم اسحب من تحته النار وضع فيه الكأس الحاوى على الورقة وبعد فترة من الزمن اسحب الورقة بالملقط فتلاحظ أن لونها قد زال وأن الكحول تلون بلون زمردى . وهكذا تكون قد استخلصت الكلوروفيل وهو الصباغ الأخضر فى النباتات .

وبالمناسبة ، فاذا أخذت نباتاً يؤكل ، كالخس أو السبانخ مثلاً ، استطعت بالطريقة نفسها أن تستخلص منه الصباغ الغدائى (لاستعماله فى صيغ الكريما أو الصلصلة) . وهذا ما

تجارب على الغازات

لقد أجرينا عدة تجارب على المحاليل ، والآل ذعونا نجري بعض التجارب على الغازات . والعمل هنا أصعب الى حد ما ، فسنحتاج الى سدادات مثقوبة وأنبوب لتصريف الغاز .

والانبوب يمكن أن يكون من الزجاج أو المعدن أو حتى من البلاستيك وينصح بعدم استعمال السدادات المطاطية فمن الصعب ثقبها بالمشابك والأفضل في هذه الحالة استعمال سدادات من الفلين أو بولي الاثيلين ، فثقبها يمكن أن يتم بواسطة مخرز حام فقط . ادخل في هذا الثقب أنبوبا زجاجيا (يمكن أن تستعمل القطارة لهذا الغرض) بحيث يلتصق تماما بالسدادة . وأوصل هذا الأنبوب بانبوب آخر من المطاط أو بولي الاثيلين طوله حوالي ٣٠ سم ، ثم ادخل في طرفه الآخر أنبوبا زجاجيا قصيرا .

والآن يمكننا القيام بأول تجربة على الغازات : اسكب حوالي نصف كأس من ماء ساخن على نصف ملعقة شاي من مسحوق الكلس المطفأ . اخلط المزيج ثم اتركه ليستقر . فيتجمع الراسب في قعر الكأس ويعلوه سائل شفاف يدعى ماء الكلس . افصل هذا السائل بحذر عن الراسب (تذكر أن هذه الطريقة تسمى بالابانة أو الترويق) .

واذا لم يكن في حوزتك مسحوق الكلس المطفأ السابق الذكر ، فإمكانك أن تحضر ماء الكلس من محلولين يباعان في الصيدلية هما كلوريد الكالسيوم CaCl_2 ومحلول انشادر المائي (هيدروكسيد الأمونيوم) NH_4OH . فعند مزج هذين المحلولين يتكون محلول شفاف هو ماء الكلس .

يجرى عمله عند تحضير المواد الغذائية والحلويات : اذ يسحب الصباغ الأخضر الصالح للأكل من الأوراق بالاستخلاص . ولأسراع العملية ننصح بتقطيع الأوراق أولا الى قطع صغيرة ونخس الاناء من فترة الى أخرى .

والتيك تجربة أخرى : املأ انبوب اختبار حتى نصفه بالماء واسكب فيه حوالي ١ سم^٣ من محلول اليود فتحصل على محلول بني باهت . أضف الى هذا المحلول كمية متماثلة من البنزين ثم نخس المزيج عدة مرات واتركه بعد ذلك ليستقر . وبعد فترة تلاحظ أن المزيج انقسم الى طبقتين : طبقة عليا ، وهي طبقة البنزين وأصبح لونها بنيا غامقا ، وطبقة سفلى ، وهي الطبقة المائية وأصبحت عديمة اللون تقريبا . فالإود مئىء الذوبان في الماء ولكنه يذوب جيدا في البنزين . ولهذا انتقل من المحلول المائي الى طبقة البنزين .

وتجربتنا الأخيرة على الاستخلاص تعتمد على الاختلاف في الذوبانية : كيف تميز بسرعة بين مسحوق القهوة ومسحوق الهندي البري (حبوب تسحق وتضاف الى القهوة لاعطائها طعما خاصا (chicory) وليست حبوب الهالك المعروفة) ؟ ستجيب قائلا : بالرائحة طبعاً . ولكن ما العمل اذا كانت الرائحة ضعيفة أو أنك لم تعد تذكر تماما هذه الرائحة ؟ عندئذ ارم قبضة من هذا المسحوق وذلك على انفراد في اناء شفاف يحوى ماء ساخن . فاذا بقي الماء على حاله دون أن يتلون دل ذلك على وجود الهندي لأن الهندي يستخلص بالماء بصعوبة . أما مسحوق القهوة ، فيذوب في الماء ويهبط ببطء الى قعر الاناء تاركا وراءه أثرا بنيا .

افتح زجاجة تحوى ماء معدنيا غازيا أو كازوزة وسدها فوراً بسدادة مزودة بانبوب تصريف الغاز (وهو الانبوب الذى قمنا بتحضيره منذ لحظة) . اغمس طرف الانبوب الآخر فى كأس يحوى ماء الكلس . ضع الزجاجة فى ماء ساخن حتى تنطلق منها فقاعات الغاز بسرعة (غاز ثانى أكسيد الكربون CO_2) وهو يضاف خصيصا الى هذه المياه لحفظها من الفساد ولاعطائها طعما للذيذا) فتلاحظ بعد فترة أن ماء الكلس يتعكر تدريجيا لأن ثانى أكسيد الكربون . يصل الى الكأس عن طريق انبوب التصريف ويدخل فى ماء الكلس حيث يتفاعل مع هيدروكسيد الكالسيوم المتحلل فيه ويحوله الى كربونات الكالسيوم CaCO_3 ، وهذه لا تذوب فى الماء مما يؤدى الى ظهور عكر أبيض .

أود أن أشير بخصوص التجارب على ماء الكلس الى أنه لا داع أبداً الى البحث عن مصدر خارجي لغاز ثانى أكسيد الكربون طالما أن هذا الغاز يمكن الحصول عليه دوماً من مصدر داخل جرسنا وهو الرنتان . فانت تعلم أنه عند الزفير تطلق الرنتان هواء غنياً بثانى أكسيد الكربون . فإذا غمرت طرف انبوب ما فى محلول طازج من ماء الكلس ونفخت فى الطرف الآخر من الانبوب لاحظت أن المحلول يبدأ بالتعكر أيضاً . ولتعد الآن الى المصادر الخارجية لـ CO_2 .

افتح زجاجة أخرى ، وضع فيها سدادة مزودة بانبوب تابع تمرير ثانى أكسيد الكربون خلال ماء الكلس . تلاحظ بعد فترة من الزمن أن المحلول يصبح شفافاً من جديد لأن غاز الكربون هذا يتفاعل مع كربونات الكالسيوم ويحولها الى ملح

آخر هو ثانى كربونات الكالسيوم (بيكربونات الكالسيوم $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$) التى تذوب جيداً فى الماء .

والغاز الثانى الذى سندرسه الآن هو غاز النشادر . وقد جئنا على ذكره آنفاً . ويسهل التعرف عليه من رائحته الحادة المميزة .

اسكب فى زجاجة قليلاً من محلول مشبع ومغلى جيداً من صودا الغسيل . أضف اليه هيدروكسيد الأمونيوم (ماءات الأمونيوم) . أغلق فوهة الزجاجة بسدادة مزودة بانبوب تصريف مرن تدخل نهايته الأخرى فى انبوب مقلوب (رأساً على عقب) . سخن الزجاجة فى ماء ساخن . ولما كانت أبخرة النشادر أخف من الهواء ، فانها سرعان ما تملأ الانبوب المقلوب . امسك الانبوب ، كما هو مقلوب ، واغطسه بحذر فى كأس من الماء . لاحظ كيف أن الماء يبدأ فوراً بالارتفاع فى الانبوب لأن النشادر يتحلل (يدوب) جيداً فى الماء ، فيترك له مكاناً فارغاً فى الانبوب .

والآن سنعلمك كيف تكشف أو تتعرف على النشادر ، ليس فقط من رائحته المميزة ، وإنما بطريقة أدق وأصح . تأكد ، أولاً ، من أن محلول النشادر ذو تفاعل قلوى (استعن لهذا الغرض بالفنولفثالين أو بأى دليل آخر حضرته بنفسك) . وأجبر ، ثانياً ، تفاعلاً نوعياً على النشادر . ونقصد بالتفاعل النوعى ذلك التفاعل الذى يسمح بالتعرف : دون خطأ ، على هذه المادة أو تلك .

حضر محلولاً ضعيفاً من كبريتات النحاس (يجب أن يكون لونه أزرق باهتاً) . اغمر فيه نهاية انبوب تصريف الغاز

من التجربة السابقة . لاحظ عندما يبدأ غاز النشادر NH_3 بالانطلاق كيف أن لون المحلول عند نهاية الأنبوب يصبح أزرق فاتحاً . فالنشادر يشكل مع ملح النحاس معقدا ملونا بلون فاتح وصيغته كالتالى $[Cu(NH_3)_4]SO_4$.

والآن ننصحك بالحصول على قطعة صغيرة من كربيد الكالسيوم لأننا سنقوم معا بتحضير الأسيتيلين .

ركب جهازا كما فى التجربة السابقة . اسكب فى الزجاجة ماء عاديا ، عوضا عن هيدروكسيد النشادر ، وارم فيه قطعة صغيرة من كربيد الكالسيوم بحجم حبة الحمص وملفوفة بورقة نشاف ، ثم اغلق فوهة الزجاجة بسدادة ذات انبوب . وعندما تتبلل ورقة النشاف يبدأ الغاز بالانطلاق . اجمع هذا الغاز ، كما فى التجربة السابقة ، فى أنبوب مقلوب رأسا على عقب . وبعد مرور دقيقة اقلب الأنبوب وقرب من فوهته عود ثقاب مشتعل . لاحظ كيف أن الغاز يشتعل بلهب مضمح . وهذا الغاز المنطلق ما هو الا الاسيتيلين الذى يستعمل فى لحام المعادن .

ونذكر بالمناسبة أنه لا يتكون فى هذه التجربة الأسيتيلين فقط ، وإنما يبقى فى الزجاجة محلول مائى من هيدروكسيد الكالسيوم ، أى ماء الكلس ، الذى يمكن استخدامه فى التجارب الخاصة بغاز الكربون .

والتجربة التالية لا يجوز اجراؤها الا فى حال توفر تهوية جيدة ، والا وجب أن تجرى فى الهواء الطلق . وسنقوم فيها بتحضير ثانى أكسيد الكبريت SO_2 ، وهو غاز ذو رائحة واخزة سادة .

اسكب فى زجاجة حمض الخليك (حمض الخل) المخفف وأضف اليه قليلا من كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 الملفوفة بورقة نشاف (تتوفر هذه المادة فى المخازن التى تبيع المواد اللازمة لتحضير الصور الفوتوغرافية) . اغلق الزجاجة بسدادة مزودة بأنبوب لتصريف الغازات ، اغمر الطرف الآخر من الأنبوب فى كأس ، يحوى محلولاً مخففاً ومحضراً سلفاً من برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$. يجب أن يكون لون محلول البرمنجنات وردياً باهتاً . وعندما تتبلل الورقة يبدأ غاز ثانى أكسيد الكبريت بالانطلاق من الزجاجة فيصل الى الكأس حيث يتفاعل مع محلول برمنجنات البوتاسيوم ويزيل لونه .

وإذا لم يثن لك شراء كبريتيت الصوديوم النقية ، فبإمكانك أن تستعوض عنها بمادة الاظهار الضوئى العادية . صحيح أن غاز ثانى أكسيد الكبريت سيحتوى فى هذه الحالة على شائبة من غاز الكربون ، ولكن هذا لن يعيق سير التجربة أبداً .

الأكسدة والاختزال (الارجاع)

عرضنا فى تجربة استحضار غاز ثانى أكسيد الكبريت تفاعلا من تفاعلات الأكسدة والاختزال الكثيرة . ففى هذه التفاعلات تضم ذرات احدى المواد الالكترونات التى تمنحها ذرات مواد أخرى . وتسمى عندئذ المواد الأولى بالمؤكسدات (برمنجنات البوتاسيوم فى تفاعلنا المذكور أعلاه) وتسمى المواد الثانية بالمختزلات (ثانى أكسيد الكبريت) . وسنجرى فيما يلى عدة تجارب أخرى على تفاعلات الأكسدة والاختزال .

اقطع شطيرة (أو حزا) من حبة بطاطس . نقط عليها عدة نقاط من محلول مخفف من اليود ، فيظهر لون أزرق يعود الى أن النشاء الموجود في حبة البطاطس يزرق في وجود اليود الحر . وهذا التفاعل كثيرا ما يستخدم للكشف عن النشاء . إذن ، فهو تفاعل نوعي أيضا .

نقط على مكان اليود قليلا من محلول كبريتيت الصوديوم ، ولاحظ كيف أن اللون يزول بسرعة . واليك تفسير ما حدث : أعطت الكبريتيت الكثروتا الى اليود الحر فأصبح مشحونا كهربائيا . واليود في هذه الحالة لا يلون النشاء باللون الأزرق .

وتعني هذه الخاصة عند كبريتيت الصوديوم ، وثاني أكسيد الكبريت أيضا ، أنهما مخزنلان جيدان . وفيما يلي تجربة أخرى على الكبريتيت حيث تشترك فيها برمنجنات البوتاسيوم كمؤكسد أيضا .

خذ أربعة محاليل من برمنجنات البوتاسيوم ألوانها كالتالي : وردي ضعيف ووردي وبنفسجي فاتح وبنفسجي غامق ، وضع كل منها في انبوبي اختبار . أضف الى كل انبوب محلول كبريتيت الصوديوم . لاحظ كيف أن المحلول في الأنبوب الأول يصبح عديم اللون تقريبا وبنا في الأنبوب الثاني . وتظهر في الأنبوب الثالث ندف بنية اللون ، يزداد عددها كثيرا في الأنبوب الرابع .

يتكون في الأنبوب الأربعة أكسيد المنجنيز MnO_2 الصلب ، ولكنه يوجد في الأنبوبين الأول والثاني على هيئة محلول غرواني (جسيماته الصلبة دقيقة جدا بحيث يظهر المحلول شفافا)

بينما يكون تركيزه في الأنبوبين الثالث والرابع كبيرا مما يجعل جسيماته تتلاصق مع بعضها متحولة الى راسب .

وبوجه عام ، يمكن أن يطلق على برمنجنات البوتاسيوم اسم « الحبراء الكيميائية » إذ انها قادرة على تغيير لونها مثلها . فمثلا تحول لونها من بنفسجي أحمر الى أخضر في وسط قلوي نظرا لأن البرمنجنات تختزل فيه الى البرمنجنات ذات اللون الأخضر . وللتأكد من ذلك أرم بلورة من البرمنجنات في محلول مادة قلوية (محلول مغلي جيدا من صودا الغسيل مثلا) ولاحظ كيف أنه يظهر لون أخضر بدلا من اللون الوردي المألوف .

تظهر هذه التجربة أكثر جمالا عند استعمال الصودا الكاوية (هيدروكسيد الصوديوم) . ولكننا لا نتضحك باستخدام هذه المادة وغيرها من القلويات الكاوية في تجاربك المتزلية لعدم توفر الخبرة الكافية لديك بعد . أما اذا أردت اجراءها في مخبر المدرسة ، فما عليك الا أن تضع في كأس رقيق الجدران قليلا من محلول للبرمنجنات أحمر اللون (ينجب أن يكون شفافا أيضا) وتضيف اليه على دفعات ويحذر (كني لا يسخن المزيج) كميات قليلة من محلول الصودا الكاوية المركز . والآن راقب تغير لون السائل : فهو يصبح في البداية بنفسجيا ، ثم ينقلب الى أزرق كلما ازدادت قلوية المحلول ، وينتحوّل في نهاية الأمر الى لون أخضر .

ويظهر تغير اللون أكثر وضوحا عند تعريض الكأس لأشعة المصباح الكهربائي . وعلى كل حال ، فالإضاءة الجيدة أمر ضروري هنا . فبدونها قد تتعذر مراقبة اللحظة التي يتغير فيها اللون .

واليك تجربة أخرى تساعد على التمييز بين الماء النقي والماء القدر . ضع في انبوب اختبار ماء نقيا من الصنبور وفي انبوب آخر ماء من مستنقع أو بركة ماء آسن . أضف الى الانبوبين قليلا من محلول برمنجنات البوتاسيوم (المؤكسد) . لاحظ كيف أن محلول البرمنجنات يبقى ورديا في الماء النقي ، ويزول لونه في الماء القدر . والسبب في ذلك هو أن الماء الآسن تتجمع فيه مواد عضوية تقوم ، ككبريتيت الصوديوم ، باختزال برمنجنات البوتاسيوم وتغيير لونه .

اقترحنا عليك في التجربة الأولى أن تشتري المظهر - كبريتيت الصوديوم من مخزن بيع المواد اللازمة لتحميض الصور الفوتوغرافية فإذا تسنى لك ذلك ، فما عليك الآن الا أن تشتري مظهرا آخر هو مزيج من الميتول والهيدروكينون . أذب هذا المظهر في الماء فتحصل على محلول ذي لون ضعيف جدا . أضف الى المحلول قليلا من المسحوق القاصر (وهو مادة مطهرة شائعة الاستعمال ويجب التعامل بها بحذر) فيصبح أصفر اللون . وتعليل ذلك هو أن المسحوق القاصر مؤكسد جيد ، فهو يؤكسد الهيدروكينون ويحوله الى الكينون ذي اللون الأصفر . وإذا أضفت الآن الى المحلول مزيجا من كبريتيت الصوديوم والصودا زال اللون الأصفر نظرا لأن كبريتيت الصوديوم يختزل الكينون ويحوله الى هيدروكينون من جديد .

وسنجرى تجربة أخيرة على « الأكسدة والاختزال » مستخدمين مركبات الكروم . فالتجارب على هذه المركبات تكون جميلة في معظم الأحيان . ولا عجب من ذلك ، فكلية « كروموس » تعنى « اللون » في اللغة اليونانية .

اذن ، خذ قليلا من محلول ثاني كرومات (بيكرومات) البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ الأصفر (هذه المادة تستعمل كمؤكسد في الصناعة ، إذ يستعان بها مثلا لغسل الأدوات والقطع الموسخة جدا ، وعليه يجب التعامل بها بحذر) وأضف اليه قليلا من حمض الكبريت (حمض الكبريتيك) (انتبه ! يجب صب الحمض ببطء وحذر) . لاحظ أن اللون يصبح أحمر . ارم في هذا المحلول المحمض قطع من الزنك . وإذا لم تتوفر لديك مثل هذه القطع التي تجرى عليها التجارب عادة ، فيمكنك أن تحصل على الزنك بنفسك من بطارية قديمة : ذلك أن الحجيرات المعدنية في البطاريات مصنوعة من الزنك .

والآن ، وبعد أن رميت في المحلول قطع الزنك ، تختزل البيكرومات وتغير لونها الى لون أخضر غامق نتيجة تشكل ما يسمى بشب الكروم والبوتاسيوم K_2CrSO_4 . وينطلق عندئذ غاز الهيدروجين . وإذا لم تتأكسد نواتج هذا التفاعل بأكسجين الهواء ، فإن التفاعل سيستمر بعد ذلك ، وسيظهر لون أزرق يخص محلول كبريتات الكروم $CrSO_4$. اسكب هذا المحلول في كأس آخر . وبينما أنت تقوم بذلك تحدث الأكسدة ، ويتقلب لون المحلول الى لون أخضر من جديد .

الامتزاز

أعتقد أن جميع الناس على الأرض يعرفون الظاهرة الكيميائية الفيزيائية التي ستحدث عنها الآن ، وإن كان الكثيرون لا يعرفون أنها تسمى بهذا الاسم . وسواء درست ظاهرة الامتزاز في المدرسة أو لم تدرسها بعد ، فانت ستراها بأمر عينك عندما تبقع بقعة

حيز على ورقة أو على الثياب (وهذا أسوأ بكثير) ، فالامتزاز يحدث عندما يمتص سطح مادة ما (ورقة أو قماش أو ما شابه ذلك) جسيمات مادة أخرى (الحيز أو غيره) .

ولعل أفضل ماز (مادة مازة) على الإطلاق هو الفحم ، وبالأذات الفحم الخشبي ، وليس الفحم الحجري ، وزيادة في الدقة نقول أنه نوع من الفحم الخشبي يدعى الفحم الفعال (أو الفحم المنشط) . وهو يباع عادة في الصيدليات . وبه سنبدأ تجاربنا على الامتزاز .

حضر محلولا باهت اللون من أى حيز كان ، واسكبه في انبوب اختبار دون أن تملأه حتى آخره . ارم في المحلول حبة من الفحم الفعال (يفضل أن تسحقها قبل ذلك) . سد فتحة الانبوب باصبعك واخلط المحلول جيدا ، ثم لاحظ كيف أن المحلول يزول لونه أمام عينيك . استبدل هذا المحلول بأى محلول آخر بشرط أن يكون ملونا أيضا وستلاحظ أن النتيجة هي ذاتها . وعندما تستعمل قطعا من الفحم الخشبي عوضا عن الفحم الفعال فإن هذه القطع ستمتص الصباغ أيضا ، ولكن بشكل أضعف .

وليس هذا بالأمر الغريب : فالفحم الفعال يمتاز عن الفحم العادي بأن سطحه أكبر بكثير ، وجسيماته مملوءة بالمسامات (ولتحقيق ذلك يعالج الفحم بطريقة خاصة وتفصل منه الشوائب) . وطالما أن الامتزاز هو امتصاص من قبل سطح المادة ، فإنه من البديهي أن يوداد الامتصاص كلما كبر السطح . وباستطاعة المازات أن تمتص المواد ليس فقط من المحاليل ، وللتأكد من ذلك ، خذ زجاجة سعتها نصف لتر وقطع على

قعرها نقطة من الكولونيا أو أى عطر آخر . احضنها براحتي يديك لفترة نصف دقيقة كي يسخن العطر قليلا . وعندئذ سيكون التبخر أسرع والرائحة أشد . وكما هو متبع في الكيمياء ، فإنه لا يجوز شم المواد من الأواني مباشرة وإنما يجب بحركات خفيفة من الكف توجيه الهواء الحاوي على أبخرة المادة الطيارة نحو الأنف ، فقد تكون المادة الموجودة في الاناء مجهولة التركيب ولا تعرف رائحتها .

والآن ضع في الزجاجة قليلا من الفحم الفعال ، ثم سدّها جيدا بالسدادة واركبها عدة دقائق . افتح الزجاجة ووجه الهواء نحو أنفك من فوق فوهتها، فهل تشعر برائحة ؟

الرائحة زالت ، فقد امتصها الماز . وبعبارة أدق ، نقول أن الماز لم يمتص الرائحة نفسها ، وإنما امتص جزيئات المادة الطيارة التي وضعها في الزجاجة . فهذه الجزيئات ارتبطت بسطح الفحم ولم يعد بإمكانها الوصول إلى أنفك وإن تشم الرائحة بعد ذلك .

ولكن ، هل من الضروري استعمال الفحم الفعال وحده في هذه التجارب ؟ طبعاً لا . فهناك مواد أخرى تمتص الجزيئات جيّداً ، مثل : الطوفة والغضار المطحون الجاف والطباشير (الحوازة) وورق النشاف . وهي مواد متنوعة جداً ولكنها تشترك في أن لها سطحاً كبيراً . ومن بينها بعض المواد الغذائية . فالحيز ، كما تعلمون ، يمتص بسهولة الروائح الغريبة .

والبشار (الدرة المحمصة) ، الذي يحبه الكثيرون منكم ، هو ماز جيد جداً . وهنا لا حاجة لاستهلاك كمية كبيرة منه بل سنكتفي بوضع حبات منه . أعد التجربة السابقة على المواد

التنظيف الكيميائي

تعتبر التجارب الواردة في هذا الفصل تكررًا لما جاء سابقًا نظرا لأن التنظيف الكيميائي وإزالة البقع كثيرا ما يتطلبان اجراء عمليات كذلك التي تعرفنا عليها في التجارب السابقة وبالتحديد : الاستخلاص والأكسدة والاختزال والامتزاز .
واعتقد أنكم توافقون معي بأنه لا داع أبدا لتلويث الثياب عمدا ثم اجراء التجارب لتنظيفها . ولكن ستصرف كما يلي :
سنأخذ عدة قطع من قماش فاتح اللون وسنبقع عليها بقعا مختلفة ثم سنحاول ازالة هذه البقع .
والبقع الكثيرة الانتشار هي البقع الدهنية . وهي تزال عادة بالاستخلاص حيث ينتفي المذيب المناسب لذلك . ويصلح البنزين والترينتين والاثير الطبي لازالة البقع الدهنية الحديثة . ولهذا الغرض تبلل قطنة بالمذيب وتمسح بها البقعة عدة مرات فينتقل الدهن عندئذ الى المحلول . ولتفادي بقاء حالة حول مكان البقعة يعتمد الى مسح القماش بماء الصابون أو بمحلول من مسحوق القسل .
أما ازالة البقع الدهنية القديمة ، فأصعب من ذلك . وهنا يحتاج الأمر الى أكثر من مذيب واحد . فمثلا يستعمل هنا عادة مزيج من البنزين والاثير الطبي والترينتين (٢:١:٧) ، أى تؤخذ ٧ أجزاء من الأول وجزء من الثاني وجزءان من الثالث) أو مزيج من الكحول الاثيل والبنزين والاثير الطبي (١٠:٢:١) .
ويجب الانتباه ، عندما يكون القماش ملوثا ، كى لا يؤثر المذيب على اللون . فقبل الشروع بالتنظيف ينبغي التأكد من أن المذيب المختار لن يؤثر على لون القماش .

العلوية في وجود حبات من البشار ، ولاحظ كيف أن الرائحة تزول تماما . وطبيعى أنه لا يجوز أكل هذه الحبات بعد التجربة . ولتعد الآن الى تجربة استحضار ثاني أكسيد الكربون (غاز الفحم) . املا انبوبين بهذا الغاز ، وضع في أحدهما عدة حبات من البشار ثم خضص الانبوب عدة مرات . وبعد ذلك تابع العمل كما في تجربة ماء الكلس (يمكن «سكب» الغاز من الانبوب في هذا الماء لأنه أى الغاز أثقل من الهواء) . فهل يختلف تصرف ماء الكلس في الانبوبين ؟ أجل . فالمائل يتعكر في الكأس الذى «سكب» فيه الغاز غير المعالج بالماز بينما لن يطرأ شيء على السائل في الكأس الثاني لأن حبات البشار قد امتصت قبل ذلك ثاني أكسيد الكربون .
وإذا كنت عضوا في حلقة الكيمياء فى مدرستك وتعلمت فيها استحضار غازات ملونة كالكلور وأكسيد النروجين (لا يجوز استعمال هذين الغازين فى المنزل لأن التعامل بهما يتطلب تهوية جيدة ويجب أن يتم تحت نافذة لسحب الغازات) ، فبإمكانك أن تختبر تأثير الفحم وحبات البشار عليها . ولهذا الغرض ، ضع أحد هذين المازين فى الاناء الحاوى على الغاز الملون ثم خضصه عدة مرات ، ولاحظ كيف أن اللون اما أن يزول نهائيا ، أو أنه يضعف كثيرا .
تستعمل حاليا فى المطابخ المنزلية أدوات متنوعة تثبت فوق المواقد الغازية بغية تنقية الهواء من الدخان والروائح المختلفة . وهي تحتوى جميعا على مادة مازة يمر خلالها الهواء الملوث . والآن أصبحتم تعرفون ماذا يحدث بعد ذلك . ونشير هنا الى أن هذه المادة تستبدل من حين لآخر عندما يصبح سطحها مشبعًا بالأوساخ والجسيمات الغريبة .

وتزال جيداً بقعة الوريش الزيتي بمعجون من الغضار الأبيض مع البترين . إذ يغطي سطح البقعة بطبقة من هذا المعجون تترك إلى أن يتبخر البترين كلياً . وهنا ينضم الامتزاز إلى الاستخلاص : فالغضار الأبيض يتشرب ثم يمتص المواد التي استخلصها البترين :

ولازالة بقعة حديثة من دهان زيتي تبلل هذه البقعة أولاً بالتربتين (ثلبيتها) ثم تزال بالبترين . وعندما يخشى من أن يؤثر البترين أو الترتين على لون القماش : يلجأ إلى مسح البقعة بمحلول ساخن من الغليسرين أو بمزيج من الغليسرين مع كمية مماثلة من الكحول الاثيل .

ويمكن : بالاستخلاص ، ازالة بقع الأعشاب . فذكروا التجربة التي استخلصنا فيها الكلوروفيل بواسطة الكحول . اذن ، فما عليكم الآن الا أن تمسحوا مكان البقعة بالكحول (أو الاثير الطبي) فيبدأ عندها الكلوروفيل بالاستخلاص تدريجياً من البقعة ويحول اللون بعد ذلك .

وتسنى أحياناً ازالة بقع الحبر عن القماش . ولهذا الغرض يرش على البقعة قليل من مسحوق الطباشير ، ثم تنقط عليه بقطتان أو ثلاث نقاط من الكحول . عندئذ ، يذيب الكحول صبغة الحبر ويتشرب الطباشير المحلول الملون . يقشط الطباشير بطرف مسكين غير حاد ، ثم ترش دفعة جديدة منه وينقط عليها الكحول . تكرر العملية حتى يبقى لون الطباشير أبيض ولن يتغير . عندئذ يترك كي يجف ثم ينظف مكان البقعة بالفرشاة .

وفي هذه الحالة نكون قد جنعنا بين الاستخلاص والامتزاز

وبوجه عام يظهر هذا الأسلوب في ازالة البقع فعلاً جداً في معظم الأحيان : فالغضار الأبيض والطباشير وما شابههما لا تسمح للمحلول الملون بالتوسع في القماش وتشكيل هالة حول مكان البقعة .

والآن سنحدث قليلاً عن تفاعلات الأكسدة والاختزال التي تستغل في ازالة البقع أيضاً .

يلجأ عادة إلى الماء الساخن لازالة البقع الحديثة المتبقية عن الثمار أو أنواع العصير المختلفة . وعندما لا تنجح هذه الطريقة : تزال البقع المذكورة من على الأقمشة البيضاء بمحلول من فوق أكسيد الهيدروجين (الماء الأكسجيني) : أشيع البقعة بهذا المحلول بعد أن تضيف إليه عدة نقاط من هيدروكسيد الأمونيوم . امسح مكان البقعة بقطنة نظيفة ثم اغسله بالماء . وأظنك تعلم أن فوق أكسيد الهيدروجين مؤكسد قوى ، فهو يؤكسد العديد من الأصبغة ويزيل لونها نهائياً .

ويمكن : بواسطة تفاعلات الأكسدة والاختزال ، ازالة البقع التي تتركها مكواة ساخنة على الأقمشة البيضاء القطنية والكتانية ، وهنا يقوم بدور المؤكسد محلول مائي من المسحوق القاصر (كن حذراً عند استعماله) بنسبة ١:٥٠ وزناً . فعندما يسخن القماش بصورة مفرطة بالمكواة تتكون نتيجة الأكسدة الحرارية مواد بنية يفككها الملح القاصر ويجعلها عديمة اللون . ولا تنسى أنه يتكون هنا حمض الهيدروكلوريك (حمض كلور الماء) الذي يخرب القماش أيضاً . ولهذا يجب بعد التنظيف تبليل القماش بمحلول ضعيف من الصودا لتعديل الحمض ثم غسله بالماء النقي .

وأخيرا ، عندما يسقط محلول اليود على القماش يمكن إزالة البقعة نهائيا بمسحها بمحلول تيوكبريتات الصوديوم (الهيوسولفيت) .
والآن أصبحت تعرف ما هو المؤكسد وما هو المرجع في هذا التفاعل .

الغسل

الغسل يتبع التنظيف عادة . وهذا ما سنتفذه أيضا .
والغسل عملية كيميائية فيزيائية تلعب الدور الرئيسى فيها المواد الفعالة سطحيا . وتتألف جزيئات مثل هذه المواد من قسمين الأول هيدروفيل ، أى محب للماء ، والثانى هيدروفوبى ، أى كاره للماء ولا يتفاعل معه ولكنه يتفاعل برغبة مع المواد المستخة مثل الدهون والزيوت وغيرها . ويقع هذان القسمان الهيدروفيل والهيدروفوبى فى طرفين مختلفين من الجزيئ الطويل . وهذه الجزيئات تثبت على السطح الدهنى بواسطة أطرافها الهيدروفوبية ، بينما تبرز أطرافها الهيدروفيلية الى الخارج كإبر القنفذ تماما . والماء يبلل جيدا هذه « الإبر » ويحيط « بالقنفذ » ويفصله عن السطح . وهكذا يتصرف الصابون ومسحوق الغسيل . وللأسراع فى إزالة الوسخ من على القماش أو اليدين نعلم الى فركها جيدا بأسفنجة أو فرشاة .

وسنبدا حديثنا هنا بالصابون طالما أنه أقدم مادة فعالة سطحيا . أدب قليلا من الصابون فى حجم صغير من الماء . صب المحلول فى انبوب اختبار وأضف اليه محلول الفينولفتالين فيتلون بلون أحمر قرمزى ، مما يدل على أن الوسط قلووى . والواقع ان الصابون العادى هو ملح صوديومى لحمض دهنى

كحمض الأوليك $C_{17}H_{33}COONa$ أو حمض الاستياريك $C_{17}H_{33}COONa$ (أما الصابون السائل فعباره عن ملح بوتانينومى لهذين الحمضين) . وتنحلما هذه الأملاح عند اذابتها فى الماء وتنفك الى حمض وقلوى . ولكن الأحماض الدهنية أحماض ضعيفة ، بينما تكون القلويات قوية فى حالتنا هذه . وعليه يكون المحلول قلويا .

وكان يعتقد سابقا أن الصابون يغسل وينظف جيدا لأنه يشكل فى المحلول مادة قلوية ولكن تبين أن الأمر ليس كذلك أبدا ، بل على العكس تماما ، فالمادة القلوية (صودا الغسيل مثلا) تنظف لأنها تتحد مع الدهون وتشكل فى المحلول مواد فعالة سطحيا كالصابون .

ونذكر ، بالمناسبة ، أنه ليس من الصعب الحصول على الصابون . فهناك عدة طرائق لتحقيق ذلك ، واليك واحدة منها :
حضر محلولاً مركزاً ساخناً من صودا الغسيل . اسكه فى انبوب اختبار وأضف اليه نقطة فنقطة من زيت نباتى . تابع التقيط حتى يتوقف انحلال الزيت . (يمكن استعمال شمع النحل عوضا عن الزيت النباتى) . ارم فى المحلول الناتج قبضة من ملح الطعام . وتشير هنا الى أن هذه الطريقة هى الطريقة المثبتة فى مصانع تحضير الصابون حيث تسمى العملية الأخيرة بالفصل بالتعليق (أى فصل مركب عضوى من محلول بإضافة الملح) . فبعد اضافة الملح يطفو الصابون الصلب على السطح ويمكن عندئذ فصله من المحلول بسهولة .

يندر حاليا استعمال الصابون لغسل الألبسة ويستعاض عنه بمساحيق الغسيل التى يزداد استعمالها عاما بعد عام . وتدخل

في تركيب هذه المساحيق مواد فعالة سطحيا تحضر اصطناعيا ،
ولهذا تسمى بالمنظفات الاصطناعية .

اجر التجربة التالية : خذ ثلاث قطع من قماش وسخ وضع
كل منها في كأس . اسكب في الكأس الأول ماء فاترا ، وفي
الثاني محلول من الصابون ، وفي الكأس الثالث محلول من أى
مسحوق غسيل تجده في البيت . افرك القطع قليلا واغسلها بماء
نقى ثم اتركها لتتشف ، وراقبها بعد ذلك ، فتلاحظ أن القطعة
التي كانت في الماء أصبحت أنظف بقليل من السابق وأن
القطعة التي كانت في محلول الصابون أصبحت أكثر نظافة
من القطعة الأولى ولكنها تأتي من هذه الناحية بعد القطعة الثالثة
التي غسلت في محلول مسحوق الغسيل ، فقد أصبحت هذه
القطعة نظيفة جدا . وهذا يعنى أن المنظفات الاصطناعية أشد
تأثيرا من الصابون العادى .

ويتصف العديد من مساحيق الغسيل بخاصة هامة أخرى
وهي أنها تنظف في أى ماء سواء كان ليئا أم قاسيا ، وحتى
أنها تنظف في ماء البحر أيضا ، فهل يتصرف الصابون كذلك ؟
خذ ماء عاديا وأذب فيه ملحاً ما للكالسيوم أو المغنسيوم ،
(يمكنك أن تشتري في الصيدلية لهذا الغرض الملح الانكليزى
أو الملح البحرى أو محلول كلوريد الكالسيوم) فتجعله قاسيا ،
لأن ما يميز الماء القاسى عن اللين هو احتوائه على نسبة كبيرة
من أملاح الكالسيوم والمغنسيوم المسماة بأملاح القساوة .

خذ من جديد قطعة من قماش وسخ وحاول أن تغسلها
بالصابون في هذا الماء القاسى ، فلن تفلح في ذلك ، حتى
أن الرغبة لن تتكون في مثل هذا المحلول . والسبب في ذلك

هو أن أملاح القساوة تتفاعل مع الصابون فيتكون نتيجة لذلك
صابون كالمسيوم ومغنسيوم لا يذوب في الماء ، وبالتالي يفقد
جميع خواصه المفيدة في التنظيف .

ولكن اذا أذبت مسحوق الغسيل في ماء قاس لاحظت أنه
ينظف كما ولو كان مذابا في ماء عادى . فالماء القاسى لن
يعيقه في ذلك لأن المواد الفعالة سطحيا الداخلة في تركيب المسحوق
لا تتفاعل مع أملاح القساوة ، وبالتالي لن تفقد خواصها في
هذا الماء .

ومحاليل مساحيق الغسيل ، كمحاليل الصابون ، يمكن أن
تكون قلوية وعندها تصلح لغسل القطن والكتان فقط وليس لغسل
الصوف والحرير . ولكن هناك مواد معتدلة أو محايدة تكون
سائلة عادة وتستعمل لغسل الصوف والحرير والأقمشة الاصطناعية .
وللتأكد من امكانية غسل كتزة من الصوف بهذا المسحوق أو
ذاك يستعان بالفولفنتالين . فاذا أصبح المحلول أحمر بعد
إضافة الفولفنتالين اليه دل ذلك على أنه يحتوى على مادة قلوية
حرة ولا يجوز غسل الصوف فيه . ولكن اذا بقي المحلول عديم
اللون أو تلون بلون خفيف جدا أمكن بكل ثقة غسل الألبسة
الصوفية والحريرية فيه .

وفي الأزمنة القديمة كان الصابون من المواد الكمنالية ،
وكانت تستعمل للغسل مواد أخرى أكثر توفرا ، وان كانت أقل
تنظيفا منه . وحاول الآن أن تجرب كيف تؤثر هذه المواد :
يمكنك أن تأخذ لهذا الغرض مسحوق الخردل أو مرق الفاصولياء ،
والأفضل من ذلك هو جذور بعض النباتات مثل جذور زهرة
الربيع وعبون الغراب وبخور مريم والكوكول . فهذه الجذور

شمعة من الصابون

ذكرنا عند الحديث عن الصابون وكيفية تنظيفه للأقمشة أن جزيئه مؤلف من «رأس» يتجه إلى داخل الماء و «ذنب» طويل يحاول الخروج منه . ولنتفحص باهتمام «الذنب» الهيدروفوبي ، فهي عبارة عن سلسلة هيدروكربونية طويلة ، والمركبات الحاوية عليه واسعة الانتشار ومهمة جدا في الصناعة ، وهي تشكل قسما أساسيا في العديد من الدهون والزيوت وغيرها من المواد المفيدة جدا ، ومن بينها الاستيارين ، وسنحاول الحصول عليه الآن انطلاقا من صابون الغسيل .

خذ نصف قطعة من صابون الغسيل واسحبها بالسكين إلى قشور رقيقة ثم ضعها في علبة كونسروة نظيفة ، صب الماء عليها حتى يغمر القشور كلها ثم ضع العلبة في حمام مائي . حرك المزيج من وقت لآخر بقضيب خشبي كي يذوب الصابون بسرعة في الماء . وعندما يتم ذلك ارفع العلبة عن النار (ليس باليد طبعاً وإنما بملقط خشبي) وصب الخل فيها ، فتتصلب من المحلول بفعله كتلة بيضاء غليظة القوم تطفو على السطح وهي الاستيارين . والاستيارين مزيج نصف شفاف من عدة مواد أهمها حمض الاستياريك $C_{17}H_{35}COOH$ وحمض البال ميتيك (حمض النخل) $C_{23}H_{49}COOH$. ومن الصعب تحديد تركيبه بدقة لأنه يتوقف على المواد التي صنع منها الصابون .

وقد جاء في القصص والروايات أن الشموع تصنع من الاستيارين ، وبالأصح : كانت تصنع منه سابقا ، أما الآن ، فهي تصنع من البارافين الأكثر توفرا والأرخص ثمنا . (يحضر

تحتوى على مواد ذات فعل تنظيغي وتدعى الصابونينات) ولعلك صادفت في الكتب القديمة التعبير التالي : الجذر الصابوني) . وجميع هذه المواد الطبيعية تغسل وتنظف ، ولكن على نحو أسوأ من الصابون طبعاً . ومع ذلك ، فقد تأكدت بسهولة من أنها تغسل فعلاً .

وستنهي حديثنا عن المنظفات بتجربة نجبر فيها المادة على التحرك في الماء بعد أن نضيف إليه مادة فعالة سطحياً ونغير بالتالي توتره السطحي .

اصنع من سلك نحاسي رفيع لوليا (حلزونا) مسطحا ومؤلفا من عدة دورات وامسحه بلطف بالزيت أو الفازلين . ضع هذا اللولب يهدوء ودقة على سطح الماء فيطفو عليه لأن الماء لا يبلة ولن يسمح له التوتر السطحي للماء بالغرق . والآن نقط في منتصف اللولب تماما نقطة من محلول الصابون ولاحظ كيف أن اللولب يبدأ بالدوران فوراً . وتعليل ذلك هو أن محلول الصابون ينتشر على سطح الماء داخل اللولب وعندما يبلغ نهاية اللولب يخرج من داخله ويدفعه على الدوران . وعندما يتوقف اللولب عن الدوران نقط مرة أخرى نقطة من محلول الصابون فيبدأ الدوران من جديد .

ويصلح مثل هذا اللولب كجهاز التقدير الفعالية السطحية عند مختلف السوائل : استبدل محلول الصابون بمادة أخرى فيبدأ اللولب بالدوران بسرعة أخرى . ولن يدور أبداً عندما ينقط داخله محلول من ملح الطعام ، وسيغرق بسرعة في محلول من مسحوق الغسيل لأن هذا المحلول يزيل ويحل طبقة الزيت التي تحمل السلك على سطح الماء .

البارافين من البترول). ولكن ، طالما أننا حصلنا على الاستياريين ، فلا مانع من أن نصنع شمعة منه . فهذا ، بالمناسبة ، عمل ممتع .

وبعد أن تبردت العلبة تماما اجمع الاستياريين بالمعلقة وضعه في وعاء نظيف . اغسله مرتين أو ثلاث مرات بالماء ثم لفه بقطعة قماش نظيفة بيضاء أو بورقة ترشيح لسحب الماء الزائد منه . وبعد أن ينشف تماما ابدأ بصنع الشمعة .

واليك أبسط طريقة لذلك : خذ خيطا غليظا مفتولا واغمسه عدة مرات في الاستياريين المصهور والمسخن قليلا ، ثم اسحبه بعد كل مرة واتركه في الهواء كي يتجمد عليه الاستياريين . تابع العملية حتى تحصل على شمعة بالقطر المطلوب . وهذه طريقة جيدة وإن كانت متعبة نوعا ما . وعلى كل حال ، فهكذا كان الناس يصنعون الشموع في غابر الأزمان .

وثمة طريقة أبسط : اذ يكتفى بدهن الخيط المفتول بالاستياريين المصهور والمحضر لتوه ولكن تشرب الخيط في هذه الحالة بالكتلة المصهورة يكون أسوأ منه في الطريقة الأولى مما يجعل الشمعة أقل جودة وإن كانت تحترق كالمعتاد .

إن طرائق تحضير الشموع الجميلة والمتنوعة الأشكال ليست بسيطة فقبل كل شيء يجب صنع القالب المناسب من الخشب أو الجص أو المعدن . ويستحسن هنا أن يشرب الخيط في البداية بالاستياريين ثم يثبت في القالب بحيث يمر في منتصفه تماما ، ويفضل أن يكون مشدودا نوعا ما . وبعد ذلك يسكب الاستياريين الساخن في القالب .

وبالمناسبة ، يمكن بهذه الطريقة صنع الشموع من

البارافين أي من شمعة جاهزة تشتريها ثم تصهرها وتسكب الصهارة في القالب الذي تريده . ولكنني أنبهك بأن هذه العملية ليست سهلة ...

وبعد أن حصلت على شمعة من الصابون ستقوم بتجربة معاكسة وهي الحصول على الصابون من الشمعة بشرط أن تكون مصنوعة من الاستياريين وليس من البارافين . فالبارافين لا يصلح لصنع الصابون لأن جزيئاته لا تحتوى على «رووس» . وإذا كنت متأكدا من أن الشمعة من الاستياريين فيمكنك أن تصنع منها صابون الغسيل كما ويصلح لهذا الغرض شمع النحل الطبيعي .

سخن عدة قطع من الشمعة على حمام مائي ساخن جدا ولكنه لا يغلي . وبعد أن ينصهر الاستياريين تماما أضف إليه محلولاً مركزاً من صودا الغسيل ، فتتكون عندئذ كتلة لزجة بيضاء هي الصابون بذاته . اترك المحلول بضع دقائق أخرى على الحمام المائي ، ثم ضع قفازاً على يدك أو لفها بمنشفة كي لا تحرقها . واسكب الكتلة الساخنة في قالب ما ، ولكن علبه ثقاب مثلاً ، وبعد أن يبرد الصابون يمكن فصله من العلبة بسهولة .

وليس من الصعب التأكد من أن ما حصلت عليه هو صابون فعلاً ، وأنه يغسل وينظف كالمعتاد . ولكنني أرجوك ألا تستعمله لغسل يديك لأننا لا نعرف مدى نقاوة المواد التي كانت موجودة في الشمعة .

الطباشير والرخام وقشرة البيضة

نقط على قطعة من الطباشير (الحوارة) الطبيعي CaCO_3 نقطة من حمض الهيدروكلوريك (حمض كلور الماء) فتلاحظ حدوث فوران شديد في مكان سقوط النقطة . ضع القطعة في لهب شمع أو لهب كحول جاف فيتلون اللهب بلون أحمر جميل .

وهذه الظاهرة معروفة : فالكالمسيوم الذي يدخل في تركيب الطباشير هو الذي يجعل اللهب أحمر اللون . ولكن ، لماذا الحمض هنا ؟ الواقع أن الحمض يتفاعل مع الطباشير ويشكل كلوريد الكالمسيوم CaCl_2 الذي يتطاير وذاه مع الغازات ويتساقط في اللهب مباشرة مما يجعل التجربة أوضح وأكثر فعالية . ومع الأسف ، لا يصلح طباشير المدرسة المضغوط لهذه التجربة لأنه يحتوي على شائبة الصودا (ملح الصوديوم) ولهذا يمكن أن يتلون اللهب بلون برتقالي (يمكنك أن ترش في اللهب حبات من ملح NaCl فتأكد عندئذ من أن أملاح الصوديوم تلونه بلون أصفر شديد) . والأفضل أن تجرى هذه التجربة على قطعة من الرخام مبيلة بالحمض السابق ذكره .

تحتاج التجربة التالية على الطباشير إلى شمع . ثبت هذه الشمعة على حامل لا يحترق ، ثم أدخل قطعة من الطباشير (أو الرخام أو قشرة البيض) في اللهب ، فتتغطى عندئذ بالسناج (هباب الفحم) مما يعني أن درجة حرارة اللهب صغيرة . ولكننا ننوي حرق الطباشير ، وتلزمنا لذلك درجة حرارة تتراوح بين 700°C و 800°C . فما العمل ؟ يجب رفع درجة الحرارة بتوجيه الهواء إلى داخل اللهب .

ولهذا الغرض ، خذ قطارة (نقاطة) وانزع منها الطاقة المطاطية وضع بدلا منها انبوبا من المطاط أو البلاستيك . انفخ في الأنبوب ووجه الهواء الخارج من أنف القطارة بحيث يسقط فوق خيط الشمعة داخل اللهب فينحرف لسان اللهب باتجاه الهواء وترتفع درجة الحرارة عندئذ . وجه لسان اللهب على زاوية حادة من قطعة الطباشير فتسخن هذه الزاوية كثيرا ويتحول الطباشير فيها إلى الكلس الحي CaO (أو الكلس المحروق) وينطلق ثاني أكسيد الكربون .

أجر هذه العملية على عدة قطع من الطباشير والرخام وقشور البيض ثم اجمعها في زجاجة نظيفة . خذ أكبر قطعة بينها وضعها على صحن صغير ثم نقط الماء على المكان الملتهب فتسمع صوتا كالفحيح أو الأزيز ويمتص الماء كله وتفتت القطعة إلى مسحوق يدعى الكلس المطفأ Ca(OH)_2 .

أضف كمية زائدة من الماء ونقط بضع نقاط من محلول الفينولفثالين فيصبح الماء في الصحن أحمر اللون مما يدل على أن الكلس المطفأ يشكل محلولاً قلويا .

وبعد أن تبرد القطع المحروقة ضئها في زجاجة واغمرها بالماء . سد الزجاجة رخص المحلول فتلاحظ أن الماء يصبح عكرا . وأظنك حزت بأننا سنحصل الآن على ماء الكلس . اترك المحلول ليستقر فترة من الزمن ، ثم اسكب السائل الصافي في زجاجة نظيفة . خذ قليلا منه في انبوب اختبار وأجر معه التجارب المذكورة سابقا على الغازات . ويمكنك الاحتفاظ به لأجراء بعض «التجارب السحرية» مثل تحويل «الماء» إلى «حليب» وتحويل «الماء» إلى «دم» .

التحليل الكهربائي في الكأس

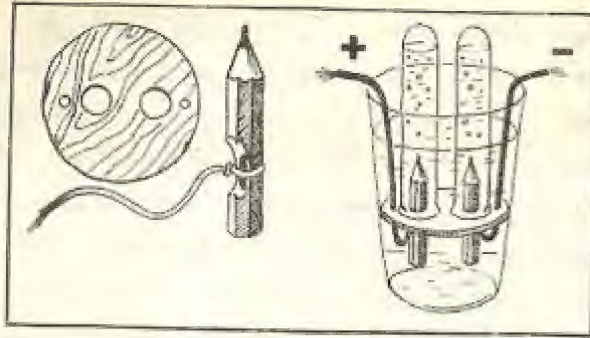
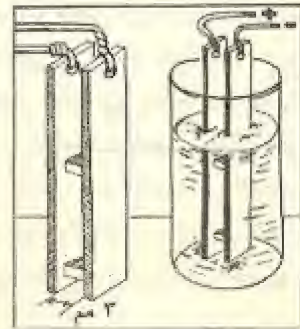
ستعرض أكثر من مرة في هذا الكتاب الى التجارب على الكهرباء . واليكم الآن أبسطها . وتكفي لاجرائها ثلاث أو أربع بطاريات (مركبات) كذلك التي تستعمل في مصباح الجيب الكهربائي .

وكثيرا ما يحاول التلاميذ اجراء تجارب في الكيمياء الكهربائية في البيت ، ولكنها لا تنجح أحيانا لأسباب قد تكون بسيطة جدا . ومع ذلك ، فاذا اتبعتم التعليمات التي ستزودكم بها ، فتأكدوا بأن التجربة ستنجح حتما .

ولبدأ بتجربة بسيطة جدا ولكنها مفيدة ومعبرة . وهي تحتاج الى مادة واحدة فقط وهي الحبر ، ومع ذلك فلا بد من صرف جهد قليل لتركيب الجهاز اللازم فيها .

خذ صفيحتين معدنيتين من النحاس أو الحديد أو الألومنيوم طول كل منهما ٨ - ١٠ سم وعرضها ١ - ٢ سم ، وانقب في كل منهما ثقباً لنشيت السلك الكهربائي . حضر قطعتين من الخشب أو البلاستيك سمك كل منهما عدة ميليمترات والصقهما . على الصفيحتين لجعلهما متوازيتين ولا تمس احدهما الأخرى .

ضع الصفيحتين في كأس زجاجي مملوء بالماء . نقط عدة نقاط من الحبر



وحاول ألا يصبح المحلول غامق اللون (ولا يجوز أن يكون شفافا في الوقت نفسه) . أوصل الصفيحتين عن طريق سلكين كهربائيين ببطاريتين مربوطتين على التسلسل ، أي «الموجب» مع «السالب» . لاحظ بعد مرور عدة دقائق كيف أن المحلول بين الصفيحتين يصفو تدريجيا وتتجمع في قعر الكأس حبيبات سوداء .

تدخل في تركيب الحبر حبيبات ملونة صغيرة جدا تكون معلقة في الماء . فعند مرور التيار الكهربائي تتجمع هذه الحبيبات وتلتصق مع بعضها البعض وتصبح ثقيلة ولا يعود بإمكانها البقاء سابحة في الماء فتتهبط الى قعر الكأس . وطبيعي أن يصبح المحلول أكثر صفاء .

ولكن ما هو السبب في ظهور جسيمات على السطح ؟ الواقع أنه تنطلق غازات أثناء مرور التيار الكهربائي خلال المحاليل . ففي حالتنا هذه تلتقط فقاعات الغاز الجسيمات الصلبة وتحملها معها الى السطح .

وفي التجربة التالية سنأخذ كأسا زجاجيا ذا جدار سميك وقاعدته أصغر من فوهته ، وسنستعمله كحمام الكتروليتي . حضر قطعة دائرية من الخشب المضغوط واجعل قطرها مساويا لقطر الكأس في مكان يرتفع عن قعر الكأس مسافة ثلاثة أو أربعة سنتيمترات ، ويجب أن تلتصق جيدا بجدار الكأس في هذا المكان . اثقب في هذه القطعة بواسطة المثقب ثقبين واسعين واتقب في جوارهما بواسطة المخرز ثقبين ضيقين أيضا . أدخل في الثقبين الواسعين قلمي رصاص طول كل منهما ٥ - ٦ سم ولهما نهاية حادة وسيقومان هنا بدور الالكترودين . انزع الخشب من النهاية الأخرى في كل قلم ولف على الغرافيت النهاية المفتوحة من السلك الكهربائي ثم اعزلها جيدا بشريط عازل ولكي يكون العزل جيدا يفضل أن يغطي مكان الوصل بقطعة من انبوب مطاطي . والآن أصبحت جميع قطع الجهاز جاهزة ولم يبق سوى جمعها ، أي وضع القطعة الخشبية مع الالكترودين داخل الكأس .

ضع الكأس على صحن ثم اسكب فيه (أي في الكأس طليعا) حتى أعلاه تقريبا محلولاً من كربونات الصوديوم (حضر هذا المحلول بإذابة ملعقتين أو ثلاث ملاعق شاي من الكربونات في كأس من الماء) . املا انبوبي اختبار بالمحلول نفسه . غلق فوهة أحد الانبوبين بالابهام ثم اقلبه رأسا على عقب واغمره في الماء بحيث لن تسر الى داخله فقاعة هواء وضعه فوق قلم الرصاص . كرر العملية نفسها مع الانبوب الثاني .

خذ ثلاث بطاريات واربطها على التسلسل ، أي القطب الموجب في احديها مع القطب السالب للأخرى وهكذا ، ثم

اربط السلكين الآتين من القلمين بالبطاريتين الاخيرتين . وعندها تبدأ حادثة التحليل الكهربائي في المحلول : إذ تنوجه ايونات الهيدروجين H^+ المشحونة بشحنة موجبة الى الكاثود (المهبط) فنضم اليها هناك الالكترود وتنحول الى غاز الهيدروجين . وعندما يمتلئ الانبوب الذي يغطي القلم ائمتصل بالقطب السالب بالهيدروجين يمكن سحبه من الكأس واشعال الغاز فيه وهو مقلوبا ، فيشتعل بصوت مميز . وينطلق الأكسجين عند الالكترود الموجب أي الأنود (المصعد) . اغلق فوهة الانبوب المملوء به باصبعك وهو تحت الماء ثم اسحبه من الكأس واقلبه . أدخل فيه عودا محترقا فيشتعل قورا .

وهكذا نكون قد حصلنا من الماء H_2O على الهيدروجين H_2 والأكسجين O_2 . فلماذا اذن الصودا ؟ انها ضرورية لتسريع التجربة ، فالماء النقي ينقل التيار الكهربائي بشكل سيئ جدا ، وينجرى التفاعل الكيميائي الكهربائي فيه ببطء . يمكن بواسطة هذا الجهاز اجراء تجربة أخرى وهي التحليل الكهربائي لمحلول مشبع من ملح الطعام $NaCl$. ففي هذه الحالة يمتلئ أحد الانبوبين بغاز الهيدروجين عديم اللون ويتجمع في الانبوب الآخر غاز ذو لون أخضر مصفر هو الكلور الذي يتكون من ملح الطعام . فالكلور يتخلى عن شحنته بسهولة وينطلق على الأنود .

اغلق باصبعك فوهة الانبوب الحاوي على الكلور مع قليل من محلول الملح وهو تحت الماء ، ثم اقلبه وخضه دون أن تنزع أصبعك من فوهته ، فيتكون في الانبوب محلول الكلور أي ماء الكلور . ولهذا الماء فعل قاصر شديد . والدليل على

ذلك هو أن محلول الحبر المخفف يزول لونه بإضافة هذا الماء إليه .

تتكون أثناء التحليل الكهربائي لمالح الطعام مادة أخرى هي هيدروكسيد الصوديوم . ويتبقى هذه المادة القلوية في المحلول ، ويمكن التأكد من ذلك بتفقيط عدة نقاط من محلول الفينولفثالين أو دليل آخر بالقرب من الالكترود السالب .

وهكذا نكون قد حصلنا في تجربة واحدة على الهيدروجين والكلور وهيدروكسيد الصوديوم . ولهذا السبب يطبق التحليل الكهربائي لمالح الطعام على نطاق واسع في الصناعة .

ويمكننا بواسطة التيار الكهربائي ومحلول مشبع من ملح الطعام أن نجري تجربة ممتعة أخرى نحاول فيها أن نثقب الحديد بقلم رصاص عادي .

نحضر في صحن صغير محلولاً مشبعاً من ملح الطعام . نربط شفرة حلاقة بسلك مع القطب الموجب لبطارية مصباح الجيب (تقوم الشفرة بدور الأنود) . نقطع الغرافيت من النهاية الحادة لقلم الرصاص . وحاول بالأبرة أن تصنع تجويفاً في هذه النهاية كي لا يظهر الغرافيت من تحت الخشب . اصنع بالسكين حزا يصل حتى الغرافيت ويقع على بعد ٢-٣ سم من نهاية القلم . لف على الغرافيت النهاية المفتوحة من سلك كهربائي ثم اعزلها جيداً بشرط عازل واربط النهاية الأخرى لتلك القطب السالب للبطارية (يقوم قلم الرصاص بدور الكاتود) .

ضع الشفرة في الصحن الحاوي على المحلول واجعل القلم يلمسها فتلاحظ كيف أن فقاعات الهيدروجين تبدأ بالانطلاق

حول القلم وستبدأ الشفرة بالنوبان لأن ذرات الحديد تكتسب شحنة كهربائية وتتحول إلى أيونات تنتقل إلى المحلول . وهكذا يتكون ثقب في الشفرة بعد عشر دقائق أو خمس عشرة دقيقة . ويتكون بسرعة أكثر إذا كانت البطارية جديدة والشفرة رقيقة (٠,٨ ملم) . ونشير إلى أن الثقب يظهر في صفائح الألمنيوم الرقيقة خلال ثوان معدودات .

وإذا أردت ثقب صفيحة معدنية رقيقة بالقلم في مكان معين ، فمن الأفضل أن تدهنها مسبقاً وتترك مكان الثقب . أشرنا أثناء التحضير للتجربة إلى ضرورة صنع تجويف في الغرافيت . والهدف من ذلك هو منع الغرافيت من أن يمس المعدن والا انغلقت السلسلة فوراً وتوقف مرور التيار ولن يحدث التحليل الكهربائي .

ويمكن إجراء الثقب بالقلم دون الاستعانة بحمام الكتروليتي (وهو الصحن الصغير في حالتنا هذه) . ولهذا الغرض ضع الصفيحة -الأنود على لوحة أو صحن ونقط عليها نقطة من الماء . بلل القلم الموصول بالبطارية بالملح واغمر نهايته الحادة بنقطة الماء . امسح نواتج التحليل الكهربائي بقطعة قماش من وقت لآخر ونقط نقطة جديدة . وبتكرار هذه العملية يمكن دون جهد يذكر ثقب الصفيحة المعدنية . وبالمناسبة يمكن بهذه الطريقة صنع ثقب في سكين مقطوعة بغية تثبيت يد خشبية عليها .

وليبقى أن بطارية واحدة لا تكفي لثقب معدن يزيد ثخنه عن المليمتر وهنا يحتاج الأمر إلى عدة بطاريات أو الاستعانة بمحلول مخفف مع مقوم كذلك الذي يستعمل في لعبة الخط الحديدى

للأطفال أو في الجهاز المخصص للكتابة أو الرسم على الخشب بالحرق . ومهما كان مصدر التيار المستعمل وطريقة التحليل الكهربائي المتبعة ، فإنه يجب تغيير محلول الالكتروليت عدة مرات وتنظيف التجويف جيدا بمخز أو مسمار .

القصدير والرصاص

ليست التجارب على المعادن ملائمة جدا لأنها تحتاج إلى أجهزة معقدة ، ولكن البعض منها يمكن إجراؤه في البيت . ولنبداً من القصدير . تباع في المخازن أحياناً قضبان من فلز القصدير مخصصة للحمام . خذ قضيباً منها وحاول أن تنفيه بيديك فتسمع قرقرة واضحة .

والواقع أن للقصدير بنية بلورية معينة تجعل بلوراته تحتك ببعضها البعض أثناء تنفيه وتعطي هذا الصوت . وبالمناسبة يستفاد من هذه الظاهرة لتمييز القصدير النقي عن سبائكه التي لا تعطي أي صوت عند ثنيها .

والآن سنحاول الحصول على القصدير من علب الكونسروة (علبة المحفوظات) الفارغة لأن معظم هذه العلب مطلية من داخله بطبقة من القصدير تحمي الحديد من التأكسد وتحول دون تلف المواد الغذائية داخل العلبة . وبالإمكان استخلاص هذه القصدير ثم استعماله مرة ثانية .

يجب ، قبل كل شيء ، تنظيف العلبة جيدا . والغسل العادي ليس كافياً في معظم الحالات ولهذا يصب في العلبة محلول مركز من صودا الغسيل وتوضع على النار ليغلي المحلول فيها مدة نصف ساعة . يسكب المحلول بعد ذلك من العلبة

وتغسل ثلاث مرات بالماء . والآن يمكن اعتبارها نظيفة .

نحتاج هنا إلى بطاريتين أو ثلاث بطاريات (كبطاريات مصباح الجيب الكهربائي) مربوطة على التسلسل . ويمكن ، كما أشرنا أعلاه ، استعمال مقوم مع محول أو بطارية تبلغ استطاعتها ٩-١٢ فولط . ومهما كان مصدر التيار المستعمل فإنه يجب أن يربط قطبه الموجب بالعلبة (يجب أن يكون التماس جيداً) . والأفضل أن تثقب العلبة في أعلاها ويربط السلك بالثقب وربطاً جيداً) . اربط القطب السالب بقطعة حديد ، ولكن مثلاً مسامراً كبيراً منظفاً حتى التلمعان . ضع الالكترود الحديدي داخل العلبة وعلقه (بالطريقة التي تناسبك) بشرط ألا يمس جدار العلبة وقعرها . اسكب في العلبة محلولاً قلويًا كمحلول هيدروكسيد الصوديوم (يجب التعامل به بحذر) أو محلول صودا الغسيل . والأفضل أن يستعمل المحلول الأول ولكنه يتطلب حذراً ودقة بالغة أثناء العمل .

ونبنا أن المحلول القلوي سيكون ضرورياً أكثر من مرة في التجارب القادمة لذا سنذكر هنا طريقة تحضيره : أضف صودا الغسيل Na_2CO_3 إلى محلول الكلس المطفأ Ca(OH)_2 ثم اغل المزيج . فيتكون نتيجة التفاعل هيدروكسيد الصوديوم NaOH و كربونات الكالسيوم أي طبائير لا يذوب عملياً في الماء . ويكفي الآن أن يرشح المحلول بعد تبريده حتى تبقى فيه المادة القلوية فقط .

ولنعد الآن إلى تجربة علبة الكونسروة .

سرعان ما تبدأ فقاعات الغاز بالانطلاق عند الالكترود الحديدي ويبدأ القصدير بالانفصال من علبة الكونسروة والنحول

تدريجياً الى المحلول . ولكن ما العمل اذا أردنا الحصول على فلز القصدير نفسه وليس على محلول منه ؟ اسحب الالكترود الحديدى من المحلول واستبدله بالكترود من الفحم يمكن سحبه من بطارية قديمة . اربط هذا الالكترود بالقطب السالب لمصابير التيار فى التجربة . وعند بدء التحليل الكهربائى يبدأ القصدير الاسفنجى بالتوضع على هذا الالكترود ، ويتم ذلك بسرعة اذا كان جهد التيار مناسباً . وقد يحصل أحياناً أن تكون كمية القصدير المستخلص من علبه واحدة قليلة . عندئذ خذ علبه أخرى وقصها بنفس خاص الى قطع صغيرة وضع هذه القطع داخل العلبه الأولى الحاوية على الالكتروليت وانتبه الى أن قطع القصدير يجب ألا تمس الالكترود الفحمى .

يمكن اعادة صهر القصدير المنجمع على الالكترود . ولهذا ، اقطع التيار واسحب الالكترود الفحمى الحاوى على القصدير الاسفنجى وضعه فى كأس من الخزف أو فى علبه معدنية نظيفة فوق النار فتلاحظ بعد فترة قصيرة أن القصدير ينصهر مكوناً سبيكة متراصة .

يمكن ابقاء قسم من القصدير الاسفنجى دون صهر والاحتفاظ به لتجارب أخرى . وإذا أذيب هذا القصدير فى حمض الهيدروكلوريك (تؤخذ قطع صغيرة منه ويسخن المزيج بملطف) حصلنا على محلول من كلوريد القصديو . حضر محلولاً كهذا تركيزه حوالى ٧ ٪ وأضف اليه ، مع التحريك ، محلولاً قلويًا تركيزه أكبر بقليل ويبلغ حوالى ١٠ ٪ ، فيتترسب فى البداية راسب أبيض سرعان ما يذوب فى الفائض من القلوى . وتكون هنا قد حصلنا على محلول من قصديريت الصوديوم وهو الذى

تشكل فى البداية عندما قمت بإذابة القصدير من العلبه . وإذا كان الأمر كذلك ، فإن القسم الأول من التجربة (وهو تحويل الفلز من العلبه الى المحلول) يمكن الاستغناء عنه والشروع مباشرة بتطبيق القسم الثانى وهو ترسب الفلز على الالكترود . وهذا يوفر لك وقتاً كثيراً عندما تريد الحصول على كمية أكبر من القصدير .

والرصاص أسهل انصهاراً من القصدير . وللتأكد من ذلك خذ بوتقة صغيرة وضع فيها عدة حبات من الخردق وسخنها على اللهب . وعندما ينصهر الرصاص ، امسك البوتقة بملقط خشبى واسحبها من فوق النار . اسكب صهارة الرصاص فى قالب من الجص أو المعدن أو فى حفرة على الرمل فتكون قد حصلت على صبة من الرصاص . وإذا كلّس الرصاص المصهور فى الهواء تكونت على سطحه بعد عدة ساعات طبقة حمراء من أكسيد الرصاص تسمى بالليثارج وكانت تستعمل سابقاً فى تحضير الدهانات .

والرصاص ، كفلزات أخرى كثيرة ، يتفاعل مع الأحماض مزيحاً منها الهيدروجين . وهو لا يذوب فى حمض الهيدروكلوريك (حمض كلور الماء) المركز ، ولكنه يذوب ، وإن كان ببطء ، فى حمض ضعيف كحمض الخليك مثلاً .

وبغذى هذا التناقض الى أن تفاعل الرصاص مع حمض الهيدروكلوريك يؤدى الى تشكل كلوريد الرصاص $PbCl_2$ وهو صعب الذوبان ويغطي سطح الرصاص بطبقة ، تحول دون استمرار التفاعل فيما بعد . ولكن أمينات (خلات) الرصاص $Pb(CH_3COO)_2$ التى تتكون أثناء تفاعل الرصاص مع حمض الخليك تذوب جيداً فى المحلول ولا تعيق التفاعل أبداً .

الألومنيوم والكروم والنيكل

سنجزي في البداية تجربتين بسيطتين على الألومنيوم .
وستستخدم فيهما قطع من ملعقة الألومنيوم مكسورة . ضع قطعة
من هذه القطع في أنبوب اختبار يحوى حمضاً ماء ، وليكن
حمض الهيدروكلوريك مثلاً ، فيبدأ الألومنيوم فوراً في الذوبان
مزيجاً الهيدروجين من الحمض ، ويتكون عندئذ ملح الألومنيوم
 $AlCl_3$. ضع قطعة أخرى من الألومنيوم في محلول مركز لمادة
قلوية ولكن الصودا الكاوية (كن حذراً أثناء التعامل بها) ،
فتلاحظ أن المعدن يبدأ بالذوبان أيضاً ، وينطلق الهيدروجين ،
ولكن يتكون هنا ملح آخر هو ألومينات الصوديوم $NaAlO_2$.
ويظهر كل من أكسيد الألومنيوم وهيدروكسيد الألومنيوم
خواص قاعدية وحمضية في آن واحد ، أى أنهما يتفاعلان مع
الأحماض والقلويات ولهذا يقال بأنهما أمفوتريان (مذبدبان) .
وبالمناسبة ، فإن مركبات القصدير هي مركبات مذبدبة أيضاً ،
ويمكنك التأكد من ذلك بنفسك طالما أنك قد حصلت على
القصدير من علبة الكونسروة .

وثمة قاعدة تنص على أن الفلز يتأكسد بسرعة أكبر كلما
كان أكثر نشاطاً . فالصوديوم ، مثلاً ، لا يجوز أبداً تركه
معرضاً للهواء ، بل يجب حفظه في الكيروسين . ولكن تعرف
حقيقة أخرى أيضاً ، وهي أن الألومنيوم نشط بكثير من
الحديد ، مثلاً ، ولكن الحديد يصدأ بسرعة بينما لا يتأثر
الألومنيوم مهما تركته في الهواء أو الماء . فهل هذه حالة
استثنائية من القاعدة العامة ؟

لنجر التجربة التالية : ضع قطعة من سلك من الألومنيوم

فوق لهب مصباح غازى وثبتها في وضع مائل بحيث يستخن
الجزء الأسفل من السلك ، ونحن نعرف أن الألومنيوم ينصهر
في الدرجة ٦٦٠ م . فبدلاً من أن ينصهر هنا ويتساقط على
المصباح نلاحظ أن الجزء المسخن من السلك يتقوس فجأة .
وإذا أمعنا النظر فيه شاهدنا غطاء رقيقاً يوجد داخله الفلز المنصهر .
وهذا الغطاء ما هو الا أكسيد الألومنيوم Al_2O_3 ، وهو مادة
متينة ومقاومة جداً للحرارة .

والأكسيد يغطي سطح الألومنيوم بطبقة رقيقة ومتراصة ولا
يترك له مجالاً للتأكسد فيما بعد . وهذه الخاصية يستفاد منها
في الصناعة : إذ يطل سطح المعدن بطبقة رقيقة من الألومنيوم
فيتغطي الألومنيوم بالأكسيد الذى يحمي المعدن من التآكل
والصدأ .

وسنجرى تجربة مع فلزين آخرين هما الكروم والنيكل ،
فبالرغم من أنهما يقعان بعيداً عن بعضهما البعض في الجدول
الدورى ، الا أنه يوجد سبب يجعلنا ندرسهما معاً : فالكروم
والنيكل يستعملان لتغطية وطلاء السلع المعدنية بغية منعها من
الصدأ وإعطائها لمعاناً جميلاً . ولكن كيف يمكن التمييز بين
هذين الفلزين ؟

فلنحاول اجراء التحليل التالى : اقطع قطعة طلاء من مادة
قديمة واتركها في الهواء عدة أيام حتى تغطي بطبقة من الأكسيد
ثم ضعها في أنبوب يحوى حمض الهيدروكلوريك المركز
(انتبه كى لا يسقط الحمض على اليدين أو الثياب) . فإذا
كان الطلاء من النيكل بدأ فوراً بالذوبان في الحمض مكوناً
الملح $NiCl_2$ ، وينطلق الهيدروجين عندئذ . أما إذا كان الطلاء

من الكروم فلن يطرأ أى تغير فى البداية ولكن يبدأ الفلز بعد فترة باللويان فى الحمض مكونا كلوريد الكروم CrCl_3 . اسحب قطعة الغلاء من الحمض بمقط معدنى واغسلها بالماء ثم اتركها لتجف فى الهواء . وبعد يومين أو ثلاثة أيام يمكن ملاحظة الفعل نفسه .

وتعليل ذلك هو أنه تتكون على سطح الكروم طبقة رقيقة جدا من الأكسيد تحول دون تفاعل الحمض مع الفلز ، ومع أن هذه الطبقة تذوب فى الحمض إلا أن ذوبانها يكون بطيئا فيه . ويعود الكروم ويغطي فى الهواء بطبقة من الأكسيد أيضا . أما النيكل ، فليست لديه طبقة واقية كهذه .

تجارب على سلك نحاسى

نخصص للنحاس بندا منفردا لأن التجارب عليه عديدة وممتعة .

اصنع من سلك نحاسى لوليا صغيرا وثبته على حامل خشبى (يمكن لفة على قلم رصاص وترك نهايته الحرة بطول كاف) . سخن اللولب على النار فيتغطى سطحه بطبقة سوداء من أكسيد النحاس CuO . وإذا غمرت السلك المسود فى حمض الهيدروكلوريك المخفف تلون السائل بلون أزرق وأصبح سطح المعدن من جديد أحمر ولامعا . والحمض ، إذا لم يكن ساخنا ، لن يؤثر على النحاس ، ولكنه يذيب أكسيده محولا إياه الى الملح CuCl_2 .

والسؤال هنا هو أنه إذا كان أكسيد النحاس أسود ، فلماذا

تتغطى الأدوات والسلع النحاسية والبرونزية القديمة بطبقة خضراء وليست سوداء ، وما هى هذه الطبقة ؟

حاول أن تحصل على سلعة نحاسية قديمة (كشمعدان أو صحن أو قطعة نقود) . اقشط من على سطحها قليلا من الطبقة الخضراء وضعه فى أنبوب اختبار . اغلق فوهة الأنبوب بسدادة مزودة بأنبوب لتصريف الغاز واغمس نهاية الأنبوب الأخرى فى ماء الكلس (تعلم الآن كيف تحضره) . سخن الأنبوب ، فتنظر على جدرانها قطرات من الماء ، وتنطلق من الأنبوب فقاعات من غاز يعكر ماء الكلس . فهو إذن ثنائى أكسيد الكربون . ويبقى فى الأنبوب مسحوق أسود يعطى عند ذوبانه فى الحمض محلولاً أزرق اللون . وأظنك حررت الآن بأن هذا المسحوق هو أكسيد النحاس .

وهكذا نكون قد تعرفنا على نواتج تفكك الطبقة الخضراء وبقي أن نكتب صيغتها وهى كما يلى : $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$ (كربونات النحاس القاعدية) وهى تتكون على سطح القطع والأدوات النحاسية نظرا لأن الهواء يحتوى دوما على أبخرة الماء وثنائى أكسيد الكربون .

ويصادف هذا الملح فى الطبيعة أيضا وهو المعدن المشهور باسم المالاخيت .

سنعود مرة أخرى الى الحديث عن هذه الطبقة الخضراء وعن المالاخيت فى فصل آخر . أما الآن ، فسوجه اهتمامنا الى السلك النحاسى المسود . أفلا يجوز أن يعاد إليه لمعانه السابق دون الاستعانة بالحمض ؟

صب فى أنبوب اختبار هيدروكسيد الأمونيوم . سخن السلك

النحاسى حتى الاحمرار ثم اغمره فى المحلول السابق فتحدث قرعة ويصبح السلك أحمر ولما . وهنا يحدث فى لحظة واحدة تفاعل يؤدي الى تشكل النحاس والماء والتشروحين (الآزوت) . وعندما تعاد التجربة عدة مرات يتلون هيدروكسيد الأمونيوم الموجود فى الأنبوب بلون أزرق . وفى الوقت نفسه يحدث تفاعل آخر يدعى تفاعل تشكل المعقد ، أى يتكون المعقد النحاسى ذاته الذى ساعدنا سابقا على الكشف عن النشادر من اللون الأزرق لمزيج التفاعل .

ونشير ، بالمناسبة ، الى أن قدرة مركبات النحاس على التفاعل مع هيدروكسيد الأمونيوم كانت معروفة منذ زمن بعيد وحتى قبل ظهور علم الكيمياء . فقد كانت الأدوات النحاسية والبرونزية تنظف بمحلول النشادر . ولا تزال ربات البيوت تستعمل هذه الطريقة حتى الآن . ولتحسين الفعل المنظف تضاف الى المحلول قطع من الطباشير تزيل الأوساخ بالاحتكاك وتمنعها من المحلول .

واليكم التجربة التالية : ضع فى انبوب اختبار قليلا من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl الذى يستعمل أثناء اللحام . اجعل اللولب النحاسى المتوهج يلمس طبقة المادة التى تغطى قعر الأنبوب ، فتحدث قرعة ويتشدر دخان أبيض ناجم عن تطاير جسيمات كلوريد الأمونيوم ويعود اللولب الى لمعانه النحاسى الأصل . وتتكون نتيجة التفاعل الحادث هنا النواتج نفسها التى تكونت فى التجربة السابقة بالإضافة الى كلوريد النحاس $CuCl_2$. وبالنظر الى هذه الخاصة بالذات ، أى اختزال فلز النحاس من الأكسيد ، يستعمل كلوريد الأمونيوم فى عملية اللحام .

فكاوية اللحام تصنع عادة من النحاس الذى ينقل الحرارة جيدا . وعندما يتأكسد طرف الكاوية الحاد يفقد النحاس قدرته على التمسك بسبيكة القصدير ولكن اضافة قليل من كلوريد الأمونيوم تجعل الأكسيد يختفى فورا .

ونتهى تجاربنا على السلك النحاسى بالتجربة التالية : اسكب فى انبوب اختبار قليلا من الكولونيا (الأفضل منها الكحول النقى) واغمر فيها سلك النحاس المتوهج . وأظن أن نتيجة التجربة واضحة الآن بالنسبة لك : فالسلك قد تحرر تماما من طبقة الأكسيد . وهنا يحدث تفاعل عضوى معقد : اذ يختزل النحاس ويتأكسد الكحول الانبلى الموجود فى الكولونيا منتحولا الى مادة تدعى الأستالدهيد . وهذا التفاعل لا يستعمل أبدا فى البيوت ، ولكنه يطبق أحيانا فى المخابر عندما يراد الحصول على الألددهيد من الكحول .

وبهذا نكون قد أنهينا التجارب الأولية التمهيدية . والآن وبعد أن تعودتم على التجارب الكيميائية فقد حان الوقت للقيام بتجارب أكثر جدية واذا كنت تجرى التجارب فى البيت ، فلا شك بأنك أصبحت تفقنى بعض الأدوات والأدوات والكواشف الضرورية عليه ، دعنا نلقى نظرة داخل خزانة المطبخ .

لننظر داخل خزانة المطبخ

ما أن بدأ الانسان يحضر غذاءه حتى أصبح ، دون ارادته ، كيميائيا . ففي الأواني الفخارية والبراميل الخشبية وفي الطناجر وعلى المقلاة تجري عمليات كيميائية وكيميائية حيوية معقدة . ولم تكن هذه العمليات واضحة ومع ذلك فقد استمر الناس يطبخون ويسلقون ويصنعون مختلف المخلاتات والموايح وغيرها . ولكن الكثير من هذه العمليات أصبح مدروسا في الوقت الحاضر . ويمكننا اجراء البعض منها (البسيطة طبعاً) في مخبر المنزل . وتمتاز تجارب هذا الفصل بأن المواد الضرورية لاجرائها موجودة في خزانة المطبخ أو الثلاجة (البراد) أو يمكن شراؤها في مخزن بيع المواد الغذائية . وستحتاج في هذه التجارب الى كميات قليلة من السواد ولكن اذا صدف واشترت كمية من هذه المادة أو تلك أكبر من الكمية اللازمة للتجربة ، فلا تقلق لذلك ، فالكمية الباقية ستستفيد منها دائما في مجالات أخرى ولن تضيع سدى .

ان أهم مادة في الطعام هي البروتين . فالبروتين أساس كل شيء حتى وهو « مادة البناء » لكل جسم حي ويقوم آلاف البعثة في مختلف أنحاء العالم حاليا بدراسة البروتين وخواصه . ولا أظن أننا سنكتشف أشياء جديدة في تجاربنا المقبلة ولكن المهم أن نبدأ .

تجارب على البروتين

التجربة الأولى هي تفاعل نوعي للبروتين : أي تفاعل يستنتج بالتأكيد على أن المادة الموجودة أمامنا هي بروتين أم لا . وثمة عدة تفاعلات من هذا النوع . وسنختار واحدا منها يحتاج الى محلول من صودا الغسيل (أو الصودا الكاوية) ومحلول كبريتات النحاس المائية .

حضر عدة محاليل تفترض أنها تحتوي على البروتين ولكن مثلا مرق اللحم أو السمك (يفضل أن يرشح خلال قطعة من الشاش) أو الخضار أو الفطور أو غيرها . اسكب هذه المحاليل في أنابيب اختبار بحيث تملأها حتى منتصفها تقريبا ثم أضف اليها قليلا من محلول مادة قلوية هي صودا الغسيل أو الصودا الكاوية (يفضل على محلول الصودا وتركه ليستقر ويبرد فترة من الزمن) وأخيرا أضف محلول كبريتات النحاس الأزرق . ففي حال وجود البروتين في المرق يتحول اللون فورا الى لون بنفسجي . ويقال عن مثل هذه التفاعلات بأنها تفاعلات مميزة لأنها لا تحدث الا عندما يوجد البروتين فعلا في المحلول . والمقارنة يمكن اجراء تجربة ماثلة على عصير الليمون أو البرتقال أو على ماء معدني أيضا .

والكل يعلم أن البروتين يتجمد أو يتخثر أثناء التسخين ويتحول الى شكل لا يذوب في الماء . فالبيضة النيئة مثلا تصبح جامدة عند تسخينها . وتسمى هذه الظاهرة في لغة الكيمياء بمسخ البروتين . وكل ربة بيت تعرف أنه لتحضير مرق طيب من اللحم يجب وضع قطع اللحم أولا في ماء بارد

ثم تغليته لمدة طويلة ، أما اذا أرادت سلق اللحم فقط فنضع قطع اللحم الكبيرة فى الماء الغالى مباشرة . فهل لهذا التصرف تعليل كيميائى ؟ سنحاول بحث ذلك .

اسكب ماء باردا فى انبوب اختبار وضع فيه قليلا من اللحم المفروم النىء ثم سخن محتويات الانبوب . لاحظ أنه يتكون أثناء التسخين (وبكمية كبيرة) غشاء يطفو على السطح ويجب سحبه من وقت لآخر كى لا يفسد طعم المرق وشكله . وهو عبارة عن بروتين متخثر . وعند متابعة التسخين تنتقل تدرجيا المواد الذوابة فى الماء من اللحم الى المحلول ، وتسمى هذه المواد بالمستخلصات لأنها تستخلص من اللحم عن طريق الماء الغالى . وهذه المواد هى التى تعطى المرق طعمه الخاص به . ويسوء طعم اللحم الذى يخلو من هذه المواد .

والآن اغل الماء سلنا فى انبوب آخر ثم ضع فيه اللحم النىء . فما أن يلمس اللحم الماء حتى يتغير لونه فورا ولن يظهر على السطح سوى قليل من الغشاء . فالبروتين الذى كان موجودا على سطح اللحم يتخثر بفعل الحرارة العالية ويسد المسامات الكثيرة الواقعة عليه ولن يعد بإمكان المواد المستخلصة : بما فى ذلك البروتين ، الانتقال الى المحلول . اذن ، فهى ستبقى داخل اللحم ، وسيصبح المرق هنا أسوأ منه فى الحالة الأولى .

والبروتين لا يمسخ ولا يتخثر أثناء التسخين فقط . وللتأكد من ذلك ، اسكب فى أنبوب اختبار قليلا من الحليب الطازج ونقط فيه نقطتين من الخل أو محلول حمض الليمون فيتخثر الحليب فورا ، أو بعبارة أدق يتخثر البروتين الموجود فيه . ونشير هنا الى أن هذا التفاعل لا بد منه عند تحضير القريشة (البنة) ،

وليس صدفة أن تكون القريشة مغذية ومفيدة لأن البروتين الموجود فى الحليب ينتقل كله تقريبا اليها .

وعندما يوضع الحليب فى مكان دافىء يتخثر البروتين الموجود فيه أيضا . ويعود ذلك الى سبب آخر يختلف عن السبب السابق وهو أن البكتريا هى التى تقوم بذلك فعددها كبير جدا وجميعها يفرز حمض اللكتيك (حمض اللبن) حتى ولو كانت لا تتغذى بالحليب . رشح قليلا من الحليب المخثر وأضف الى الخثارة بضع نقاط من دليل ما صنعته بنفسك . عندئذ سيدل الدليل على أن المحلول سيحتوى على حمض ما هو الا حمض اللكتيك الذى يمكن اكتشافه فى المحلول الملحي للمخللات .

والى جانب الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين يدخل فى تركيب بعض الجزيئات البروتينية الكبريت أيضا . ويمكننا التأكد من ذلك تجريبيا : ضع قليلا من بياض البيض فى أنبوب يحتوى على محلول الصودا الكاوية أو صودا الغسيل . وبعد التسخين أضف الى المزيج قليلا من محلول أسينات (خلات) الصوديوم القاعدية $Pb(CH_3COO)_2 \cdot 3H_2O$. فاذا اسودت محتويات الانبوب دل ذلك على وجود الكبريت فيه . ويعود السبب الى تشكل كبريتيد الرصاص PbS ، وهو مادة سوداء اللون .

وأخيرا ستقوم بتحضير صمغ بروتينى حقيقى ، وهو صمغ الكازئين (الكاسين) الذى لا يزال يستعمل حتى الآن بالرغم من توفر أنواع كثيرة جدا من الصمغ الاصطناعية . والكازئين هو المادة الاساسية فى القريشة ، وعليه ، فنستحضر الصمغ من الحليب أو ، بعبارة أدق ، من المواد البروتينية الموجودة فيه : افصل الخثارة من اللبن الرائب بالترشيح . واغسل ما تبقى

على ورقة الترشيح عدة مرات بالماء لفصل الشوائب العالقة عليه
واتركه لييجف . وبعد ذلك اغسل الكتلة الناتجة بالبنزين ثم
جففها مرة أخرى . والغرض من ذلك هو التخلص من دسم
الحليب (يذوب هذا الدسم في البنزين) . وبعد أن تجف
الكتلة تماما استحقها في الهاون فتحصل بذلك على مسحوق
الكازئين .

ولا يبقى لصنع الصنع منه سوى أن يخلط هذا المسحوق
مع هيدروكسيد الشادر والماء بنسبة ١:١:٣ . وطبيعى أنك
سترغب الآن في اختبار فعالية هذا الصنع . إذن حاول أن
تلتصق به قطعا خشبية أو من الخرف : فهو يصلح جيدا لهذه
المواد .

تجارب على الكربوهيدرات

تشكل الكربوهيدرات مع البروتينات والمواد الدسمة القواعد
الأساسية التى يقوم عليها غذاء الانسان . فالغلوكوز والفركتوز
والنشاء وعشرات الكربوهيدرات الأخرى تتكون باستمرار
و«تحترق» (تتأكسد) في الخلايا النباتية والحيوانية وتقوم بتموين
الجسم بما يلزمه من الطاقة .

وبالرغم من تباين الكربوهيدرات ، إلا أن لها خواص مشتركة
تساعد على اكتشافها حتى ولو كانت بكميات قليلة جدا .
ويعتبر تفاعل موليش اللوني طريقة مضمونة للكشف عنها .

اسكب في انبوت اختبار ١ سم^٣ من الماء وادم فيها عدة
حببات من السكر ونفث من ورقة ترشيح (سليولوز) . والآن
أضف نقطتين أو ثلاث نقاط من محلول كحول للريزورسين

أو التيمول (تباع هاتان المادتان في الصيدلية) . أمل الانبوت
قليلا واسكب على جداره بمحذر ١ - ٢ سم^٣ من حمض الكبريتيك
المركز . (كن حذرا أثناء التعامل بهذا الحمض واتبه كى لا
يسقط على الجسم أو اللباس) . ثبت الانبوت في وضع شاقولي
ولاحظ كيف أن الحمض الثقيل يغوص الى القعر وتظهر على
الحد الفاصل بينه وبين الماء حلقة جميلة واضحة لونها أحمر
أو وردي أو بنفسجي .

وإذا أعطت مادة مجهولة التركيب هذه الحلقة في تفاعل
موليش أمكن القول بأنها حتما من الكربوهيدرات . ولكن لا
تنس أن هذا التفاعل حساس جدا وأن وجود أية حبة أو شرة
مهما كانت صغيرة على جدار الانبوت قد تسبب الفعل ذاته .
ولهذا يجب غسل الانبوت جيدا وشطفه بالماء المقطر قبل اجراء
الكشف .

والآن ، وبعد أن اتقنت طريقة التعرف على الكربوهيدرات
نتنقل الى النشاء الذى يعتبر من أشهر الكربوهيدرات . وفي
البداية ستتعلم كيف يحضر النشاء المطبوخ أى المحلول الغرواني
للنشاء في الماء . اسكب في طنجرة صغيرة قليلا من الماء البارد
وأضف اليها النشاء بمعدل ملعقتين صغيرتين لكل كأس ماء
(مع الأخذ بعين الاعتبار الماء الذى ستضيفه فيما بعد) .
اخلط المزيج جيدا فتحصل على ما يسمى بحليب النشاء . أضف
اليه أثناء تحريكه ماء غالبا وتابع التحريك ثم سخنه على النار
حتى يصبح المحلول شفافا . اتركه ليبرد فتحصل على النشاء
المطبوخ الذى يعتبر مادة لاصقة جيدة للورق .

ذكرنا سابقا أن النشاء يزرق في وجود اليود الحر . وستستفيد

من هذه الخاصة فيما بعد ولكن انتبه الى أن محلول اليود يجب أن يكون ضعيفا جدا . وبالمناسبة يمكن الاستفادة من هذا المحلول في الكشف عن النشاء في مختلف المواد الغذائية . وبعد أن نحضر أنبوب اختبار يحوى محلولاً ضعيفاً من اليود سنراقب التحولات التى تطرأ على النشاء . وسنحاول أن نحضر الغلوكوز من النشاء المطبوخ .

تتحلماً جزيئات النشاء الضخمة بفعل الماء وتتفكك الى جزيئات أصغر . ففي البداية يتكون نشاء ذواب ثم ديكسترين فسكريد ثنائى هو المالتوز وأخيراً يتفكك المالتوز ويتكون الغلوكوز أى سكر العنب .

أضف الى نصف كأس من النشاء المطبوخ ملعقة أو ملعقتين صغيرتين من حمض الكبريتيك المركز (تركيزه ١٠ ٪ تقريباً) . انتبه عند تخفيف حمض الكبريتيك أنه يجب سكب الحمض فى الماء وليس العكس .

اترك مزيج النشاء المطبوخ مع الحمض يغلى فى طنجرة صغيرة وحاول أن تموض الماء المتبخر باضافة قليل من الماء الى المزيج . خذ من وقت لآخر بالملعقة عينة من السائل وبردها قليلاً ثم نقط عليها محلول اليود المخفف . فالنشاء ، كما تعلمون ، يعطى مع اليود لونا ازرق بينما يعطى الديكسترين معه لونا بنيا أحمر أما المالتوز والغلوكوز ، فلا يتلونان أبداً . وهكذا سيغير لون العينات أثناء التحلماً تدريجياً حتى يختفى نهائياً ويتوقف تأثير اليود على المحلول . عندئذ يجب وقف التسخين والأفضل أن يستمر عدة دقائق أخرى بعد ذلك حتى يتفكك المالتوز كلياً .

وبعد الغليان يترك السائل ليبرد قليلاً ثم يضاف اليه مع التحريك حوالى ١٠ غم من مسحوق الطباشير لتعديل حمض الكبريتيك كلياً . وسيرغو المزيج لأن ثانى أكسيد الكربون ينطلق أثناء تفاعل الحمض مع الطباشير . وبعد انتهاء الارغاء يوضع السائل المصفى الناتج فوق نار هادئة كى يتبخر ثلثاه تقريباً ثم رشحه وهو ساخن خلال عدة طبقات من الشاش ويخر السائل الآن يهدوء على حمام مائى ، فتحصل على كتلة لزجة حلوة يشكل الغلوكوز المادة الأساسية فيها . وهكذا تقريباً تجرى العمليات فى مصانع النشاء .

والغلوكوز ضرورى للانسان ، وهو واحد من أهم مصادر الطاقة . ففي الخبز والبطاطس والمعكرونة يوجد غالباً النشاء الذى يتحول فى جسم الانسان الى غلوكوز بفعل الخمائر أو الأنزيمات .

وفى تجربتنا لم يستهلك حمض الكبريتيك فى التفاعل وانما لعب دور الوسيط (الحفاز) ، أى المادة التى تعجل التفاعل . ولكن الفعل الحفزى للأنزيمات الطبيعية أقوى بكثير وأكثر انتقائية . والأنزيمات كثيرة جداً ولكل منها قطاع عمل ضيق خاص به . فأنزيم الاميلاز الموجود فى اللعاب مثلاً يمكنه تحويل النشاء الى مالتوز . ولنراقب فعل هذا الانزيم .

غرغر فمك بماء مقطر (يمكنك استعمال الماء المغلى فى حال غياب الماء المقطر) لفترة دقيقة فتحصل على محلول اللعاب . رشح هذا المحلول وامزجه مع كمية مماثلة من النشاء المطبوخ . انقل المزيج الى انبوب اختبار ثم ضع الانبوب فى كأس يحوى ماء درجة حرارته حوالى ٤٠° م . خذ من وقت

لآخر عينة وجرب عليها فعل البود . لاحظ أن تغير اللون هنا يطابق تماما تغير اللون أثناء الحلمأة بواسطة حمض الكبريتيك ولكن التفاعل هنا أسرع . وبعد مرور ربع ساعة على الأكثر يتحلما النشاء متحولا الى مالتوز وينتهي تأثير البود عندئذ .
واليك تجربة أبسط بكثير : حاول أن تمضغ لفترة قطعة من الخبز فتشعر في النهاية أن طعمها أصبح حلوا الى حد ما . وسبب ذلك هو أن أنزيم الأميلاز (الموجود في اللعاب) يحول النشاء الموجود في الخبز الى مالتوز .

سكر من النشارة

سميت الكربوهيدرات (أى ماءات الكربون) بهذا الاسم خطأ . وقد حدث ذلك في أواسط القرن الماضي . وعندما كان يعتقد أن جزيء أية مادة سكرية توافقه الصيغة $C_m(H_2O)_n$. وانطبقت هذه القاعدة على جميع الكربوهيدرات (ماءات الكربون) التي كانت معروفة في ذلك الحين . فصيغة الغلوكوز $C_6H_{12}O_6$ مثلا كانت تكتب كما يلي $C_6(H_2O)_6$.

ولكن الوضع تغير فيما بعد ، فقد اكتشفت مواد سكرية أخرى لم تعد القاعدة السابقة تنطبق عليها . فالرامنوز مثلا ، وهو من الأفراد البارزة بين الكربوهيدرات (يحقق تفاعل موليش أيضا) ، يملك الصيغة التالية $C_6H_{12}O_5$. وبالرغم من أن عدم الدقة في تسمية هذه التفصيلة من المركبات كان واضحا للعيان إلا أن مصطلح «الكربوهيدرات» ترسخ كثيرا واعتاد عليه الجميع وتركوه على حاله . ونذكر بالمناسبة أن كثيرا من الكيميائيين

يفضلون في الوقت الحاضر تسمية أخرى هي «السكريات» أو «الساكار» .

سنحاول الحصول على سكر من هذه «الساكار» من نشارة الخشب بواسطة الحلمأة ، أى التفكك بالماء ، التي تعتبر من العمليات الكيميائية الواسعة الانتشار جدا . تحتوي نشارة الخشب وغيرها من النفايات الخشبية على كربوهيدرات هو السيلولوز ومن هذا السيلولوز يحصل في المصانع على الغلوكوز الذي يستعمل فيما بعد لأغراض شتى ، وغالبا يخمر ويحول الى كحول يدخل كمادة أولية في اصطوانات كيميائية شتى . وقبل أن نجرى عملية حلمأة الخشب سنحاول فهم جوهرها وطبيعتها . ولتسهيل ذلك ، يفضل أن تبدأ بتجربة على الخيار : وليس على نشارة الخشب .

اغسل خياره طازجة وأبرشها ثم اعصرها . وبإمكانك ترشيح العصير الناتج إلا أن ذلك ليس ضروريا .

حضر في انبوب اختبار هيدروكسيد النحاس $Cu(OH)_2$. ولهذا الغرض أضف نقطتين أو ثلاث نقاط من محلول كبريتات النحاس الى ٠.٥ - ١ ملل من محلول هيدروكسيد الصوديوم . أضف الى الراسب الناتج حجما مماثلا من عصير الخيار . وخض الانبوب ، فلدوب الراسب ويتكون محلول أزرق اللون . ويعتبر هذا التفاعل تفاعلا مميزا للكحولات متعددة الهيدروكسيل . والآن سخن الانبوب الحاوي على المحلول الأزرق حتى الغليان ، فيصفر المحلول في البداية ثم يصبح برتقالي اللون . وبعد تبريده يترسب راسب أحمر من أكسيد النحاس Cu_2O . وهذا التفاعل خاص بفصيلة أخرى من المركبات العضوية تسمى

بالألدهيدات . إذن ، توجد في عصير الخيار مادة عبارة عن ألدهيد وكحول في آن واحد . وهذه المادة هي الغلوكونز الذي يمكن القول عنه استنادا الى بنيته بأنه كحول ألدهيدى . ويعزى اليه الطعم الحلو قليلا عند الخيار .

وأظنك فهمت بأن هذه التجربة يمكن أن تجرى على غير عصير الخيار ، فهي تتحقق جيدا مع أنواع أخرى من العصير كمصير العنب أو عصير التفاح أو غيرها .

والآن سنجرى تجربة تمهيدية أخرى على عود من الخشب . نحضر محلولاً من حمض الكبريتيك (اسكب في حجم واحد من الماء حجماً مماثلاً من حمض الكبريتيك المركز . واياك أن تسكب الماء على الحمض) . ارم في الانبوب الحاوى على هذا المحلول عوداً من الخشب ثم سخن المحلول حتى الغليان فينفحم العود عندئذ ، ولكن هذا لا يضر بالتجربة . وبعد التسخين انقل العود من هذا الانبوب الى انبوب آخر يحوى ١ - ٢ ملل من الماء ثم اغل المحلول ، فتحصل الآن على الغلوكونز في الانبوبين . ولتأكد من ذلك تضاف الى كل من المحلولين نقطتين أو ثلاث نقاط من كبريتات النحاس ثم يضاف هيدروكسيد الصوديوم فيظهر عندئذ اللون الأزرق المألوف . وعند غلي هذا المحلول يتكون ، كما توقعنا ، راسب أحمر من أكسيد النحاس Cu_2O وهكذا نكون قد كشفنا عن الغلوكونز . ان الحصول عليه من عود الخشب يعنى أن السليولوز (تبلغ نسبته في الخشب حوالى ٥٠ ٪) قد تحللاً . وكما هو الحال أثناء حلماًة النشاء ، فان حمض الكبريتيك لا يستهلك في هذه العملية وانما يلعب دور الوسيط (الحفاز) فقط .

وأخيراً وصلنا الى التجربة الأساسية التي جاءت عنواناً لهذه الفقرة ، وهي الحصول على السكر من نشارة الخشب:

ضع في جفنة من البورسلين ثلاث ملاعق من نشارة الخشب وبالها بالماء . أضف بعد ذلك قليلاً من الماء أيضاً وكمية مماثلة من محلول معد سلفاً من حمض الكبريتيك (١ : ١) . اخلط المزيج جيداً . غط الجفنة وضعها في فرن موقد المطبخ الغازى لمدة ساعة أو أقل من ذلك بقليل .

اسحب الجفنة من الفرن بعد ذلك واملاها بالماء ثم حرك المزيج ورشح المحلول وعدل الرشاحة باضافة ماء الكلوس اليها حتى يتوقف انطلاق فقاعات من ثانى أكسيد الكربون . ولتأكد من انتهاء التعديل يمكن استعمال ورقة عباد الشمس ، أو أى دليل من الأدلة التى حضرتها بنفسك . ولا داع لاضافة الدليل الى الكتلة المتفاعلة مباشرة ، وانما يمكن أخذ عدة نقاط منها ووضعها على صفيحة من الزجاج أو فى انبوب اختبار صغير .

اسكب محتويات الجفنة فى زجاجة . خض السائل فيها ثم اتركه ليستقر عدة ساعات . وستلاحظ بعد ذلك أن كبريتات الكالسيوم التى تكونت أثناء تعادل الحمض تترسب فى قعر الزجاجة ويبقى محلول الغلوكونز فوقها . انقله بحذر (يفضل لذلك أن يسكب المحلول على قضيب زجاجى) الى جفنة نظيفة ثم رشحه .

وبقيت مرحلة أخيرة ، وهى تبيخير الماء على حمام مائى ، وتظهر بعدها على قعر الجفنة بلورات من الغلوكونز ذات لون أصفر فاتح :

وهكذا نكون قد قمنا بأربع عمليات هي طيخ النشارة مع محلول حمض الكبريتيك وتعديل الحمض والترشيح والتبخير .
والحقيقة أن هذه العمليات بالذات هي التي تطبق في المصانع للحصول على الغلوكونز ولكن في ألوان أخرى غير الجففات البورسائية طبعاً . وثمة عملية صناعية أخرى يمكننا تنفيذها دون أية صعوبة وهي تحويل نوع واحد من السكر الى نوعين آخرين .
كثيراً ما تتسكر (أى تتحول الى سكر) المربيات المصنوعة في البيت عند حفظها وقتاً طويلاً ويعزى ذلك الى أن السكر يتبلور وينفصل من العصير . ولكن ، نادراً ما يحدث الأمر ذاته مع المربيات التي تباع في المخازن . والواقع أنه تستعمل في مصانع تحضير المربيات ، الى جانب سكر القصب أو سكر الشوندر ، مواد سكرية أخرى مثل السكر المنقلب .
وستعرفون من التجربة التالية ما هو السكر المنقلب وما هو تأثيره .
اسكب في انبوب اختبار أو كأس زجاجي ١٠ - ٢٠ غم من محلول ضعيف من السكر وأضف إليها بضع نقاط من حمض الهيدروكلوريك المخفف . سخن المحلول بعد ذلك على حمام من الماء الغالي لمدة ١٥ دقيقة ثم عادل الحمض ب كربونات المغنسيوم $MgCO_3$. (يباع في الصيدليات ملح المغنيسيا الأبيض وهو ذو تركيب أعقد من تركيب كربونات المغنسيوم ولكنه يصلح للمعادلة) وإذا لم يتوفر لديك هذا أو ذلك فامكانك أن تستعمل صودا الخبيز $NaHCO_3$ ولكن سيبقى عندئذ في المحلول ملح الطعام الذي لا ينسجم مع السكر .
اترك السائل ليستقر بعد أن يتوقف انطلاق فقاعات من ثاني أكسيد الكربون . واستعن بدليل من الأدلة المتوفرة لديك

للتأكد من تمام تعادل الحمض . افصل السائل الزائغ وتذوقه قليلاً فتشعر بأنه أقل حلاوة من المحلول الأصلي (احتفظ ، بالمقارنة ، بقليل من محلول السكر الأصلي) .
لم يبق السكروز عملياً في المحلول الجاهز ، ولكن ظهرت عوضاً عنه ، مادتان جديدتان هما الغلوكونز والفركتوز . وهذه العملية هي التي تسمى بانقلاب السكر ، كما يسمى المزيج الناتج بالسكر المنقلب .

والطريف هنا هو أنك لا تشعر أبداً بحدوث تفاعل أثناء هذا التحول : فلون المحلول وحجته لا يتغيران ووسط المحلول يبقى كما كان عليه في السابق . ولا تنطلق غازات ولا تظهر رواسب . ومع ذلك فالتفاعل يجري ، ولكن الكشف عنه يحتاج الى أجهزة ضوئية . فالسكريات مواد فعالة ضوئياً ، بمعنى أن شعاع الضوء المستقطب يغير اتجاه الاستقطاب عندما يمر خلال محاليلها . ويقال بأن السكريات تحرف مستوى الاستقطاب بزاوية معينة في هذا الاتجاه أو ذاك . فالسكروز ، مثلاً ، يحرف مستوى الاستقطاب نحو اليمين ، بينما يحرفه الغلوكونز والفركتوز ونواتج حلمائته نحو اليسار . ومن هنا جاءت كلمة « انقلاب » السكر .

ولكن ، بما أنه ليس في حوزتك أجهزة ضوئية ، فسنحاول بطريقة كيميائية التحقق من أن السكر المأخوذ يتعرض لتغيرات فعلاً : أضف الى كل من محلولي السكر الأصلي والناتج بضع نقاط من محلول أزرق الميتيلين (يمكن أن تأخذ الجبر الأزرق عوضاً عنه) وقليلاً من محلول ضعيف لمادة قلوية . سخن المحلولين على حمام مائي . لاحظ أنه لن يطرأ أى تغيير في

الافنيوب الحاوى على السكر العادى بينما تصبح محتويات الانبوب الحاوى على السكر المنقلب عديمة اللون تقريبا .

والسكر المنقلب أقل ميلا الى التبلور من السكر العادى . فاذا بخرنا محلوله بحذر على حمام مائى حصلنا على سائل لزج يشبه العسل الى حد ما ، ولا يتبلور بعد التبريد .

ونقول بالمناسبة أن عسل النحل المحبوب للجميع مؤلف من كاربوهيدرات كالسكر المنقلب ، أى من الغلوكوز والفركتوز وتصل نسبتها فيه الى ٧٥ ٪ . كما ويصنع العسل الاصطناعى من السكر المنقلب أيضا . وطبيعى أن يختلف السائل اللزج الذى حصلنا عليه عن العسل وبالاخص لكونه عديم الرائحة ولكن يكفى أن نضيف اليه قليلا من العسل الطبيعى حتى يزول الاختلاف نهائيا .

فلماذا ، إذن ، لا نحضر فى البيت كميات كبيرة من هذا السائل غير المتبلور كى نطبخ فيها المربيات المختلفة ؟ الواقع أن تنقيته تماما من الشوائب والمواد الغريبة أمر صعب ، وليست هناك ضمانة فى امكانية تحقيقها بشكل كامل . وعلى كل حال فلا داع للمخاطرة .

فئجان من الشاى

من الطبيعى أن تنتقل الى الشاى بعد حديثنا عن العصير والمربى والعسل . وسنستخلص منه المادة التى تنشط الجسم وتغش النفس ألا وهى الكافئين (اكتشفت هذه المادة أولا فى حبات القهوة وهى موجودة فيها بنسبة أكبر منها فى أوراق الشاى) .

وزيادة فى الدقة نقول أن الشاى يحوى عدة مواد منشطة غير الكافئين مثل الفيتامينات والزيوت الاثيرية وغيرها ولكن الدور الرئيسى بينها يعود الى الكافئين الذى ينتمى الى فصيلة أشباه القلويدات أو القلويدات (وهى فصيلة كبيرة من المواد العضوية الحاوية على النتروجين ويدخل فى عدادها النيكوتين الموجود فى التبغ والباپافارين الموجود فى الخشخاش وغيرها) . تحتاج التجربة الى بوتقة من المعدن أو الخزف (ويمكن أن يستعمل أى وعاء معدنى مناسب بشرط ألا يكون مسطحا وأن يكون ذا جدار مرتفع كما فى الكأس الزجاجى مثلا) . ضع فى هذه البوتقة أو الوعاء ملعقة صغيرة من مسحوق الشاى وحوالى غرامين من أكسيد المغنسيوم (تباع هذه المادة فى الصيدلية عادة) . اخلط المادتين ثم ضع البوتقة على النار . يجب أن يكون التسخين هادئا . ضع على سطح البوتقة صحن أجوف صغير مملوء بماء بارد . يتصعد الكافئين فى وجود أكسيد المغنسيوم أى أنه يتحول الى بخار مباشرة ، وعندما يصطدم بسطح الصحن البارد يعود من جديد الى حالته الصلبة ويتوضع على هذا السطح البارد على شكل بلورات عديمة اللون . أوقف التسخين واسحب الصحن من على البوتقة بحذر ، ثم اقمط البلورات واجمعها فى زجاجة نظيفة .

ولكن كيف يمكننا التأكد من أن هذه البلورات هى بلورات الكافئين فعلا ؟ يوجد لهذا الغرض تفاعل نوعى جميل : ضع بضع بلورات على صفيحة أو لوح من الخزف ونقط عليها نقطتين من حمض التريك المركز . (يجب التعامل بحذر مع الأحماض المركزة) . سخن الصفيحة حتى يجف المزيج ،

قينا كسيد الكافئين عندئذ ويتحول الى حمض الأمالينيك ذى اللون البرتقالى .

ولكن لم تنته التجربة بعد . وسنحاول تعديل الحمض الآن باضافة عشر نقاط من محلول الشادر المركز اليه . عندئذ يتكون ملح ذو لون أحمر جميل يتحول الى لون أرجوانى ، واسمه الموركسيد .

يفضل اجراء التجارب المقبلة على الشاي فى المدرسة لأنها تحتاج الى مواد لا تتوفر فى البيت عادة ولأن تنفيذها بنجاح يتطلب خبرة جيدة . وسنحاول أن نستخلص من الشاي المواد الفصية أو مواد الدباغة أى التانينات ، ومنها سنحصل على التانين الذى هو عبارة عن مزيج من مواد تستخدم فى دباغة الجلود (ومن هنا جاءت تسميتها بـ مواد الدباغة) وكمرسخات فى الصباغة وكمواد قابضة فى الطب (تذكروا الطعم المر القابض لمحلول الشاي الثقيل) .

وهكذا سنحاول استخلاص التانين من الشاي الأخضر . وإذا لم يتوفر لديك مثل هذا الشاي ، فبإمكانك استخدام الشاي الأسود ولكن لا تنس أن نسبة التانين فيه أقل منها فى الشاي الأخضر .

ضع ٥٠ غراما من الشاي الأخضر فى طنجرة وصب عليها نصف كأس (١٠٠ غم) من ماء غالى . اغل المزيج حوالى ساعة على نار هادئة حتى يتم استخلاص المواد الذوابة على أكمل وجه . رشح المحلول خلال عدة طبقات من الشاش . اغسل الراسب المتبقى على الشاش بماء ساخن (نصف كأس) ، فتحصل فى نهاية الأمر على محلول أخضر مصفر .

أضف الى هذا المحلول ١٥ - ٢٠ غم من أمينات الرصاص (انتبه الى أن أمينات الرصاص مادة سامة ولا يجوز تلوقها أبداً) . افصل السائل بلطف وأضف الى الراسب كوبا من الماء الساخن حرك المزيج ثم اتركه ليستقر . وافصل السائل من جديد كرر هذه العملية ثلاث أو أربع مرات حتى تتخلص نهائيا من ايونات الرصاص . وللتأكد من ذلك ، خذ عينة من السائل وأضف اليها عدة نقاط من حمض الكبريتيك المخفف . فاذا تعكر المحلول ، دل ذلك على أن الرصاص لا يزال موجودا فيه . عندئذ يجب تكرار الغسل وإعادة الاختبار حتى لا يظهر التعكر . افصل الراسب (وهو تانات الرصاص) بالترشيح ثم اغسله بـ ٥٠ ملل من محلول حمض الكبريتيك ذى التركيز ١ % . اجمع المحلول وعدل الحمض باضافة نقطة فنقطة من محلول هيدروكسيد الباريوم ذى التركيز ٠,٥ % وبعد ذلك ، افصل الراسب المتكون ، وهو كبريتات الباريوم ، بالترشيح . يحتوى المحلول الشفاف المتبقى بعد الترشيح على التانين . بخر هذا المحلول حتى الجفاف على حمام مائى . اقشط التانين المتبقى من على قعر الاناء واسحقه حتى تحصل على مسحوق منه .

ونعرض فيما يلى عدة تفاعلات جميلة على التانين (سنقتصد فى استهلاكه لأنه لدينا كمية قليلة منه لا تزيد عن ثلاثة غرامات) .

أذب حوالى ٠,٥ غم من التانين فى ٤٠ ملل من الماء . وما أن تضيف اليها محلول كلوريد الحديد ثلاثى التكافؤ أو أى ملح آخر للحديد ثلاثى التكافؤ حتى يسود المحلول فورا .

وتكون قد حصلت عندئذ على الجبر الذي كان يحضر قديما على هذا الشكل وكان الثانين اللازم له يستخلص من ثمار البلوط وأغصانه الغضة .

واليك تجربة أخرى : ضع حوالي ٠.٣ غم من الثانين في انبوب اختبار صغير ونقط عليها ثلاث نقاط من حمض الهيدروكلوريك المركز ، فيتكون عندئذ الفلويافن وهو مادة ذات لون أحمر .

أضف قليلا من الثانين الى محلول نترات الفضة $AgNO_3$ ، فيترسب عندئذ راسب بني من نانات الفضة .

وفيما يلي التجربة الأخيرة على الثانين : أذب في محلول من حمض الهيدروكلوريك تركيزه ٢ ٪ حوالي ٠.٣ غم من الفاتيلين (أو كمية مماثلة من سكر الفاتيل) ثم أضف ٠.١ غم من الثانين ، فيظهر فوراً لون قرمزي . وهذا التفاعل لا يخص الثانين وحده وإنما يعتبر تفاعلا مميزا لجميع المواد في فصيلة الكاتيكينات التي ينتمى إليها كثير من مواد الدباغة .

والعظام مفيدة أيضا

العظام لا تذهب هدرا عند ربة بيت اقتصادية . فمنها يمكن أن يحضر مرق لذيق . والواقع أنه اذا غليت العظام في الماء فترة طويلة ثم تركت المحلول ليبرد ، حصلت في نهاية الأمر على كتلة هلامية . والهام ليس من مفردات فن الطهي فحسب ، وإنما هو تعبير كيميائي أيضا . فتمة مجموعة واسعة من الجمل الغروانية تسمى بالهام نسبة الى أول فرد منها وهو الهلام الناتج من مرق اللحم .

ويتكون الهلام من العظام لأنها تحتوى على مادة بروتينية خاصة ، هي الجيلاتين ، وهي تباع في المخازن . وسنحاول الحصول من العظام على صمغ جيلاتيني جيد ، أما الجيلاتين المستعمل في الغذاء ، فيصعب علينا تحضيره لأنه يحتاج الى تقنية معقدة جدا .

خذ كمية من فئات العظام وانزع عنها الدهن بغمزها في البنزين مع التحريك وتركها فيه لمدة نصف ساعة (تعرف أن الدهن يذوب جيدا في البنزين ولكن لا تنس أن البنزين سريع الاشتعال) . اسكب البنزين في وعاء آخر ثم اغسل الفئات بالماء الساخن عدة مرات .

والآن سنحضر المرق من العظام الخالية من الدهن . ولا حاجة هنا لاستعمال الطنجرة بل يمكننا أن نستفيد هنا من علية كونسروة فارغة بشرط أن تكون نظيفة . وفيها سنغلي العظام في الماء لفترة طويلة وبعدها ستابع غلي المرق حتى يصبح لزجا ، والآن يجب التحلي بالصبر : ضع المرق في مكان جاف ودافئ وراقبه من فترة الى أخرى وستلاحظ بعد عدة أيام أنه قد جف تماما وتحول الى صمغ بني اللون . وبالرغم من أنه يبدو جافا ، الا أنه يحوى كمية لا بأس بها من الماء كان الجيلاتين قد امتصها أثناء الغلي . ولكن اذا أردت استعمال هذا الصمغ ، فما عليك الا أن تسخنه على حمام مائي فينفصل منه قسم من الماء .

ويستفاد من هذا الصمغ في لصق مختلف الأدوات الخشبية ، ولكنه لا يصلح لتجارينا المقبلة لأنه غير نقي تماما . وسنستعين بالجيلاتين الذي يباع في المخازن .

ولتحضير محلول من الجيلاتين توضع ١٠ غم من مسحوقه في ربع كأس من الماء البارد وترك حوالي ساعة لتتبلل وتتفخ . وبعد ذلك يسخن المزيج حتى الدرجة 50°C مع التحريك المستمر حتى يذوب الجيلاتين تماما . اسكب قسما من المحلول على لوح من البلاستيك (وليس على الزجاج لأنك لن تستطيع فصل الجيلاتين عنه) بحيث يشكل طبقة رقيقة ثم اتركها لتجف جيدا في الهواء فتحصل بعد ذلك على ورقة جيلاتينية رقيقة . ولإضفاء المتعة والطراقة على هذه التجربة يمكنك أن تقص من الورقة شكل سمكة صغيرة ، وتضعها على ورق نشاف ثم تنفخ عليها بهدوء ، وتلاحظ عندئذ كيف أنها تلتف وتلتوى لأن تنفسك يرطب الورقة من جهة واحدة فيزداد حجمها وتضطر عندئذ الى الالتواء .

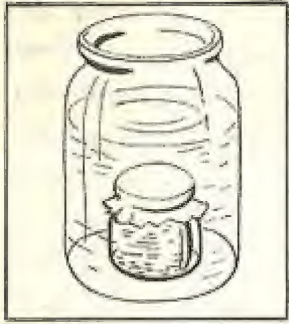
والجيلاتين المستفخ صفة متعة أخرى وهو أنه يعطى أشكالا جليدية جميلة ويحافظ عليها فترة طويلة . وللتأكد من ذلك حضر محلولاً من الجيلاتين كما في التجربة السابقة ولكن بشرط أن تكون كميته فيه أقل بمرتين أو ثلاث مرات منها في المحلول السابق (أو يمكن أخذ ما تبقى من المحلول السابق وتخفيفه بماء فاتر) . اسكب المحلول وهو لا يزال دافئاً على لوح من الزجاج ثم ضع اللوح فوراً في حجرة التجميد في الثلاجة . عندئذ سيتبلور الماء ويأخذ أشكالا جليدية مختلفة كالأشكال التي تنطبع على التوافد أيام البرد الشديد في فصل الشتاء .

ولنتقل الآن الى تحضير الأسمدة المعدنية . وأظنك تعلم أن المادة الأساسية في معظم العظام هي الفوسفوريت . فلي

المصانع تحضر الأسمدة الفوسفورية من معدني الفوسفوريت والأباتيت . وسنقوم الآن بتحويل العظام الى سويفوسفات . حمض العظام جيدا على النار حتى تحترق المركبات العضوية التي لنا بحاجة اليها . وبقي بعد التحميص فوسفات الكالسيوم $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ أي الفوسفوريت . اختر عدة قطع بيضاء نظيفة من العظم المحمص واسحقها بالمطربة أولا ثم في الهاون حتى تتحول الى مسحوق . اخلط ٥٠ غم من هذا المسحوق مع ٣-٥ غم من الطباشير وضع المخلوط في زجاجة نظيفة ثم اسكب عليه تدريجيا ومع التحريك المستمر يقضيب زجاجي ٢٠ غم من محلول حمض الكبريتيك ذي التركيز ٧٠٪ (تذكر مرة أخرى بأنه يجب سكب الحمض في الماء أثناء التخفيف) ، فيسخن المزيج بسرعة ويتحول الى معجون أولا ثم الى مسحوق أبيض جاف هو السويفوسفات $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$. وتستغرق هذه العملية حوالي ساعة واحدة :

ولكن لماذا لا يستعمل الفوسفوريت نفسه كسماد وإنما تفضل عليه السويفوسفات ؟ وللإجابة على هذا السؤال سنجرى التجربة التالية :

خذ زجاجتين تحتويان على ماء وضع في احدهما قليلا من مسحوق العظم (الفوسفوريت) وفي الأخرى السويفوسفات الذي حصلت عليه . لاحظ كيف أن مسحوق الفوسفوريت يترسب بسرعة على قعر الزجاجاة ولا يتغير حجمه . أما السويفوسفات ، فيعرض للحلمأة ، ويزداد حجمه كثيرا ، ولا يترسب فوراً وإنما يبطئ وخلال عدة ساعات . وهذه الميزة



ستستخدم فيها كغشاء نصف نفوذى ورقة من البارشمان أو السلوفان (باستثناء بولي الاثيلين) ويجب ابقاء الورقة فى الماء حتى تتبلل وتلين وعندئها تحصل على الخواص التى نهمنا .

حضر محلولاً مشبعاً من

السكر واجعله كثيفاً جداً بحيث لن يذوب فيه السكر بعد ذلك . والأفضل أن يحضر مثل هذا المحلول فى ماء ساخن . اسكب هذا المحلول فى كأس من الزجاج حتى يملأه تماماً . غط الكأس بالورقة المبللة واربطها جيداً مع مراعاة عدم بقاء فقاعات لهواء تحت الورقة . ضع الكأس فى زجاجة تحوى ماء (يجب أن ينغمر الكأس بالماء) واتركه على هذا الحال عدة ساعات . وستشاهد بعد ذلك كيف أن الورقة التى تغطى الكأس قد انتفخت وكأن تجويفاً قد تكون فوق الكأس .

ولمعرفة ما حدث هنا لا بد قبل كل شيء من التعرف على الغشاء نصف النفوذى . فهو غشاء ذو قدرة على تمرير جزيئات معينة ولا يسمح بمرور جزيئات أخرى . وورق البارشمان والسلوفان ذو مسامات صغيرة جداً لا تستطيع جزيئات السكر المرور من خلالها . والماء موجود على جانبي الغشاء ولكنه أقل فى الجانب الحاوى على محلول السكر ولهذا تسمى جزيئات الماء الى النفوذ عبر الغشاء الى داخل الكأس مما يؤدى الى ازدياد حجم السائل فيه وانتفاخ الغشاء نصف النفوذى . والمعلوم أن

تساعد السوربوسفات على التوزع جيداً فى التربة والبقاء فيها أطول مدة ممكنة .

وطالما أنك حصلت على السماد بنفسك ، فلا بد من أن تستفيد منه بشكل معقول . حاول أن تستعمله لتسميد النباتات الموجودة فى بيتك وراقب نموها بعد ذلك . ولا تنس أن تترك بعض النباتات دون تسميد وذلك من أجل مقارنتها مع النباتات الأولى ، والأفضل أن تسمد مجموعة أخرى من النباتات بسماد يباع فى الأسواق . فهل هذا السماد أفضل بكثير من السماد الذى حضرته بنفسك ؟

عصير الثمار

عندما يجف النبات وتضفر الأوراق يعنى ذلك أن الخلايا النباتية تفتقر الى الماء . ولكن كل خلية مغلقة بغشاء . فكيف ينفذ الماء الذى تمتصه الجذور داخل الغشاء ويصل الى داخل الخلية ؟ وما الذى يدفع الماء على الانتقال باتجاه معاكس لقوة الجاذبية الأرضية من الأسفل الى الأعلى أى من الجذور الى الأوراق ؟

وقبل الاجابة عن هذين السؤالين ، سنقوم باجراء تجارب تمهيدية على غشاء يشبه غشاء الخلية :

عندما يفصل حاجز كتيم بين محلولين فانهما لن يمتزجان طبعاً ، وعلى العكس فانهما يمتزجان بنفسهما ودون تحريك فى حال عدم وجود حاجز بينهما ، ولكن ما الذى يحدث اذا كان الحاجز نصف نفوذى ؟

الجواب على هذا السؤال هو موضوع التجربة التالية التى

كل شيء في الطبيعة يسمى نحو التوازن ، وفي حالتنا هذه يكون الهدف هو تساوى تركيزي المحلولين . وهذا ما يحدث بعد فترة ، إذ يصبح عدد جزيئات الماء التي تدخل الكأس مساويا عدد الجزيئات التي تخرج منه الى الزجاجية ولهذا لن يكون الانتفاخ كبيرا :

تسمى هذه الظاهرة الكيميائية الفيزيائية بالحلول أو التناضح (الأزموز) أما الضغط الذى يجعل الغشاء يلتوى ، فيسمى بضغط الحلول أو الضغط التناضحي (الضغط الأزموزي) . فلكي تتحقق هذه الظاهرة لا بد من وجود حاجز وسائليين : الأول هو محلول مادة ما والثاني هو المذيب النقي (وهو الماء في حالتنا هذه) أو ، على الأقل ، محلول للمادة المذكورة أضعف من المحلول الأول :

وغلاف الخلية الحية هو دوما غشاء نصف نفوذى ، فهو لا يسمح بمرور جزيئات لمواد كثيرة متحلة في الماء ، بينما يسمح بمرور جزيئات الماء . وبناء على ذلك ، فإن كل خلية حيوانية أو نباتية هي عبارة عن جملة تناضحية ميكروسكوبية ، كمناء ويلعب ضغط الحلول دورا هاما جدا في نشاط الأجسام الحية :

ويمكننا أن نراقب ظاهرة الحلول في أبسط التجارب : اقطع بسكين حاد شريحة (حزا) رقيقة من ليمونة وضعها على صحن صغير . لاحظ أنه لا يوجد تقريبا عصير على سطح الشريحة ، ولكن يكفى أن ترش السكر على السطح حتى يبدأ العصير بالظهور بسرعة .

ومن الممكن اجراء تجارب مماثلة على الفريز (الفراولة)

وغيره من الثمار الأخرى بوضعها في زجاجات جافة ورشها بالسكر فيبدأ العصير عندئذ بالتصريح منها .

اذن ، فالحلول هو الفاعل الأساسى فى جميع هذه الحالات . إذ يتكون على سطح الليمون أو الثمار محلول مركز من السكر ، فيسمى العصير عندئذ ، وهو أقل تركيزا ، الى تخفيف هذا المحلول ، فيمر من خلال الأغشية الخلوية ويخرج الى السطح كالماء الذى انتقل من الزجاجية الى الكأس الحاوى على المحلول السكرى فى التجربة السابقة .

ولنتنقل الى البطاطس : اقطع من حبة بطاطس ثلاثة مكعبات يفضل أن تكون متساوية الحجم . حضر ثلاث زجاجات . صب فى الزجاجية الأولى ماء مملحا قليلا ، وفى الزجاجية الثانية محلولاً مملحا مركزا ، وفى الزجاجية الثالثة ماء للشرب . ضع فى كل زجاجة مكعبا من المكعبات المذكورة واتركها فترة ثلاث ساعات ثم راقبها جيدا . فتلاحظ أن المكعب المغمور فى الماء المملح قليلا لم يتغير أبدا ، بينما طرأ تغيير واضح على المكعبين الآخرين : فالمكعب المغمور فى المحلول الملحي المركز قد انخفض حجمه كثيرا بينما ازداد بشكل واضح حجم المكعب المغمور فى ماء الشرب .

ولنبدا بالسؤال التالى : لماذا لم يتغير المكعب الأول ؟ الواقع أنه كان مغمورا فى محلول مخفف يساوى تركيز الملح فيه تركيزه فى عصير البطاطس نفسه . أما المكعب الذى كان موجودا فى المحلول المركز ، فقد بدأ يطرح الماء لخفض تركيز المحلول وبذلك قل حجمه . وعلى العكس من ذلك ، فقد أخذ المكعب الثالث يمتص الماء وبالتالي ازداد حجمه نتيجة لذلك .

ونستقل من البطاطس الى الجزر الذى سنجيره على العمل كمضخة .

أدخل فى رأس جزرة انبوبا زجاجيا وضعها عموديا فى كأس من الماء .

اسكب محلولاً من الملح فى الانبوب الزجاجى بحيث يملأ نصفه تقريبا وراقب الوضع . وستلاحظ بسرعة كيف أن مستوى الماء فى الانبوب يبدأ بالارتفاع حتى أنه قد ينسكب من الانبوب اذا كانت التجربة معدة بشكل صحيح . ويتضح من ذلك أن الجزر يتصرف وكأنه يضخ الماء من الكأس ويدفعه على الصعود فى الانبوب .

وعندما ترش الجزر بالماء فى حديقة منزلك فانه يقوم بسحب الماء من التربة أيضا لأن تركيز الأملاح فى عصيره أعلى منه فى الماء المرشوش . وهكذا نرى أن الجذور وجميع أنسجة النبات تحصل على الماء المنعش بفضل ظاهرة الحلول .

تجارب فى فصل الصيف

يمكننا ، ونحن فى الحقل أو الحديقة ، التأكد من وجود ظاهرة النقل التناضحى للماء أو كما يسمى أحيانا بالضغط الجذرى (نسبة الى الجذور) . اختر ثبته نامية وستحسن أن يكون ساقها متينا وعريضا نوعا ما وقصها على ارتفاع ١٠ سم من سطح الأرض . أدخل فى الساق انبوبا قصيرا من المطاط متصل بالانبوب الزجاجى رفيع ولا يقل طوله عن نصف متر . ومن الضرورى تثبيت هذا الأنبوب الطويل بربطه بعمود مثبت فى الأرض

وستحسن أن يلف الانبوب المطاطى بخيط فى مكان اتصاله بالساق كى يلتصق جيدا به .

والآن رش الماء على التربة المجاورة للساق وستلاحظ كيف أن الماء يبدأ بالارتفاع فى الانبوب ، وسيصل الى ارتفاع عال اذا كان قطر الانبوب لا يزيد عن ٥ ملم .

ولكن الضغط التناضحى ليس السبب الوحيد الذى يجعل الماء يرتفع فى النباتات من الأسفل الى الأعلى ، وإنما هناك أسباب أخرى من بينها ظاهرة النتج أى تبخر الماء من الأوراق . فبعد أن يقدم الماء المواد المغذية للنباتات يبدأ بالتبخر من خلال المسامات الموجودة على الأوراق وتخل محله دفعة جديدة قادمة من الجذور ... وهلم جرا . واليك تجربة بسيطة على النتج : ضع فى انبوب اختبار يحوى ماء غصنا مقصوصا من نبات ما وحيد مستوى الماء فيه باشارة ما أو بخيط ملون تلفه حول الانبوب عند هذا المستوى . وستلاحظ بعد وقت قصير أن الماء فى الانبوب سينخفض عن مستواه الأصلى . وربما كان سبب ذلك هو أن الماء يتبخر من الانبوب مباشرة وليس من خلال الغصن .

فلمنع حدوث تبخر مباشر من الانبوب ينقط على سطح الماء قليل من الفازلين أو أى زيت نباتى آخر فيغطى سطح الماء ويمنع تبخر الماء منه . وبالرغم من ذلك ، فإن مستوى الماء سينخفض فى هذه الحالة أيضا مما يؤكد أن الماء يتبخر من خلال الأوراق . ويمكن ، فى حال توفر ميزان لديك ، جعل التجربة على النتج أسرع وأكثر وضوحا : ضع انبوب الاختبار الحاوى على الغصن (لا تنس أن تنقط بضع نقاط من الزيت على

سطح الماء) على كفة ميزان ووازنه بسنجات على الكفة الأخرى .
لاحظ بعد فترة كيف يختل التوازن وترتفع كفة الميزان الحاوية
على انبوب الاختبار .

ومن الممكن اجراء تجارب مماثلة على نباتات مختلفة وعندها
يتبين أن سرعة النتج تختلف من نبات الى آخر . ولكن سنحاول
أن نجري التجربة بشكل آخر : ولنغطي غصن النبتة بزجاجة
مقلوبة . ولأحاجة هنا الى قص غصن من النبتة ، وانما يمكن
اختيار نبتة صغيرة وتغطيها كلها بالزجاجة . وعندما نسقى النبتة
جيدا يتشبع الجو داخل الزجاجة ببخار الماء ، ولن يتمكن الماء
من التبخر من الأوراق بعد ذلك ، مما يدفع الى القول بأن
النتج قد توقف . ولكن تظهر على الأوراق بعد فترة من الزمن
قطرات من الماء تؤكد أن الضغط التناضحي بدأ يعمل من جديد .
ونمة سبب آخر يدفع الماء الى الارتفاع في ساق النبات
وهو أن النباتات مملوءة بأوعية شعرية رفيعة جدا ، يرتفع فيها
السائل بسرعة أكبر كلما كانت أرفع وأضيق . فإذا كان لديك
انبوب شعري زجاجي قطره ٠.٠٢ ملم ، فإن الماء يمكن أن
يصل فيه الى ارتفاع قدره ثلاثة أمتار ! وفي النباتات أوعية شعرية
أرفع من ذلك ...

خذ عدة زجاجات نحترى على ماء ملون بعدة نقاط من
الحبر . اقطع بسكين حادة أغصانا من نباتات مختلفة وضعها
في الزجاجات فبدأ الماء الملون بملء جميع الأوعية في الأغصان
تدرجيا والارتفاع داخل الأوعية الشعرية . والدليل على ذلك هو
أن لون العروق على الأوراق يتغير تغيرا واضحا . وإذا قصصت
عدة مقاطع عرضية في كل غصن شاهدت بوضوح توضع

الأوعية الشعرية فيها (نصح باستعمال عدسة مكبرة لهذا
الغرض) .

واليك التجربة الأخيرة على النباتات : اسكب الماء الملون
بالحبر في وعاء واسع . غطس الغصن في الماء واقطع قسما من
ساقه تحت الماء . اسحب الغصن من الماء بعد عدة دقائق
وشطبه بسكين حادة في عدة أماكن . لاحظ كيف أن الماء
يرتفع عاليا في الساق خلال دقائق معدودة (لا تنس أن تحدد
الزمن بدقة) .

خذ غصنا مماثلا وشطبه في الهواء ثم اغمره في الماء ذاته
واتركه فترة مماثلة أيضا ، فلاحظ أن الماء يرتفع أقل بكثير من
ارتفاعه في الحالة السابقة .

وعزى سبب ذلك الى أن الأوعية الشعرية في النباتات ضيقة
جدا ويمكن أن تنسد بسهولة بفقااعات صغيرة من الهواء وعندها
يتوقف وصول الماء الى الأوراق . ولكن عندما نشطب الساق تحت
الماء نحول دون دخول فقاعات الهواء الى الأوعية .

ولعلك فهمت الآن مغزى النصيحة التي يقدمها الأخصائيون
في تربية الأزهار : اذا أردت الاحتفاظ بياقة الزهر أطول مدة
ممكنة في الزهرة فما عليك الا أن تقص سيقانها تحت الماء
وليس في الهواء .

كم تبلغ نسبة الفيتامين C في التفاح ؟

الجواب عن هذا السؤال يمكن أن نجده في المراجع
الكيميائية والطبية . ولكن الحديث هناك يدور حول التفاح بوجه
عام ، وليس عن هذه التفاحة التي تود أكلها الآن . ان تقدير

نسبة الفيتامينات عملية معقدة ، ولكن الفيتامين C بالذات (وهو حمض الأسكوربيني) يمكن تقديره في مخبر المنزل .

ولعلك قررت أنه طالما أن الفيتامين C حمض ، فيجب تعيين كميته بواسطة مادة قلوية ما ، وحيداً لو تحقق ذلك لأن مثل هذا التحليل لا يصلح هنا أبداً . ففي الثمار يوجد ، بالإضافة إلى حمض الأسكوربيني ، كثير من الأحماض العضوية الأخرى مثل حمض الليمون (حمض الستريك) وحمض التفاح وحمض العنب (حمض الطرطريك) وغيرها ، وجميعها يدخل في تفاعل تعادل مع المواد القلوية . إذن ، فالقلويات لا تصلح هنا . نستفيد من صفة مميزة عند حمض الأسكوربيني وهي سهولة أكسدته . وتعلمون طبعاً أن الثمار تفقد عند طهيها وحفظها الكثير من الفيتامين C الموجود فيها . ويعزى ذلك إلى أن جزئ حمض الأسكوربيني غير ثابت ، فهو يتأكسد بسهولة (حتى أن أكسجين الهواء يؤثر عليه) ويتحول إلى حمض آخر لا يملك خواص فيتامينية . ونستعمل في تجربتنا مؤكسد أقوى من أكسجين الهواء وهو اليود .

يلزمنا محلول من اليود ذو تركيز معلوم . ويمكننا لهذا الغرض أن نشترى في الصيدلية محلول اليود في الكحول الذي يبلغ تركيزه ٥٪ أي أنه يحوي ٥ غم من اليود في ١٠٠ ملل من المحلول . ونحضر محلولاً للنشاء : ولهذا نذيب ١ غم من النشاء في حجم صغير من الماء البارد . نسكب المحلول في كأس يحوي ماء غالياً ، ثم نغلي المحلول حوالي دقيقة ، فنحصل على محلول من النشاء يصلح لاجراء التجارب خلال أسبوع كامل .

والآن أصبح كل شيء جاهزاً لاجراء التجربة وتعيين نسبة الفيتامين ولكن سنتنمّن قبل الشروع بالتحليل على حمض الأسكوربيني النقي . نأخذ ٠.٥ غم من حمض الأسكوربيني الذي يباع في الصيدلية (بشرط ألا يحتوي على الغلوكوز) وأذنبها في ٥٠٠ ملل من الماء ثم نأخذ من المحلول ٢٥ ملل ، وأضف إليها حوالي نصف كأس من الماء و ٢-٣ ملل من محلول النشاء . والآن أضف محلول اليود نقطة نقطة من القطارة مع خض المزيج باستمرار (يستحسن أن تجرى هذه العملية في دورق مخروطي) ، احسب عدد النقاط التي تضيفها وانته إلى لون المحلول . فما أن يؤكد اليود كل الحمض الموجود حتى تؤدي النقطة التالية منه إلى تلوين المحلول بلون أزرق ، مما يدل على أن عمليتنا هذه (وتسمى بالمعايرة) قد انتهت .

ولكن كيف نعلم حجم اليود المستهلك ؟ فالنقاط ليست وحدات قياس ... وتوجد في المخابر الكيميائية ساحات خاصة مدرجة بالمليحترات . ولكننا سنطبق هنا طريقة أخرى دقيقة ولكنها تستغرق وقتاً أطول . نحسب بواسطة القطارة ذاتها عدد النقاط الموجودة في أمبولة اليود التي اشتريناها من الصيدلية (فهي تستوعب عادة ١٠ ملل) . لا تخف ! فهذه العملية كلها لا تستغرق سوى عدة دقائق . فتعيين حجم النقطة الواحدة يمكن ، بدقة كافية ، تعيين حجم محلول اليود الذي استهلك في عملية معايرة حمض الأسكوربيني والآن يمكن ، اعتماداً على معادلة التفاعل (نترك لك كتابتها) ، حساب كمية حمض الأسكوربيني الموجودة في العينة . وبالمقابل ، يمكننا من معرفة كمية الحمض تعيين تركيز محلول اليود والتأكد من أنه ٥٪ فعلاً أم لا ؟

يطبق الكيميائيون كثيرا هذه الطريقة السهلة فى التحليل لتقدير نسبة اليود وغيره من المؤكسدات الأخرى .

ننتقل الآن الى دراسة قضيتنا الأساسية ، وهى تعيين كمية الفيتامين C بعد أن أصبح تركيز محلول اليود معروفا لدينا فالمليتر الواحد من محلوله ذى التركيز ٥٪ يوافق ٣٥ ملغم من حمض الأسكاربىنى .

ولنبداً من عصير الليمون أو البرتقال . خذ ٢٠ ملل من هذا العصير وخففها بالماء حتى يصبح الحجم ١٠٠ ملل . اسكب فى المحلول قليلا من محلول النشاء ثم أضف بعد ذلك محلول اليود نقطة فنقطه حتى يظهر لون أزرق ثابت لا يزول خلال ١٠-١٥ ثانية . انتبه الى أن كمية حمض الأسكاربىنى فى المحلول هنا أقل بكثير منها فى التجربة السابقة وبالتالي سيكون حجم اليود المستهلك أقل أيضا . وقد يحدث عندما تكون كمية الفيتامين C قليلة جدا أن تحتاج العملية الى نقطة أو نقطتين فقط من محلول اليود . وعندها سيكون التحليل تقريبا جدا . فلكى تكون النتيجة أكثر دقة يجب اما أن يؤخذ حجم كبير من العصير ، أو أن يخفف محلول اليود . ويفضل الكيميائيون الحل الثانى . ويمكن عند تحليل عصير الفواكه أن يخفف محلول اليود بالماء أربعين مرة ، فيحصل عندئذ على محلول منه تركيزه ١٢.٥٪ بمعنى أن المليتر الواحد منه يوافق ٨٧.٥ ملغم من حمض الأسكاربىنى . ولا تنس هنا أن التوتر السطحي للماء أكبر منه عند الكحول ، وبالتالي فإن نقاط الماء أضخم من نقاط الكحول ، وهذا يعنى أنه لا بد من معرفة حجم نقطة الماء . يمكن أن يحضر المحلول اللازم من اليود بصورة أدق فى

مخبر المدرسة : فالتر الواحد منه يجب أن يحتوى على ١.٢٧ غم من اليود . ولكن ذوبانية اليود فى الماء فى درجة حرارة الغرفة قليلة جدا (٠.٣ غم/لتر) . ولهذا يجب أن يضاف الى المحلول قليل من يوديد البوتاسيوم أو يوديد الصوديوم نظرا لأن ذوبانية اليود فى الماء تزداد كثيرا عند وجودهما فى المحلول . وأحد هذين الملحنيين يوجد حتما فى محلول اليود الذى يباع فى الصيدلية .

وننتقل الآن لتحليل التفاح . وهنا ستواجهنا المشكلة التالية وهى أن التفاح يحتوى على انتريم الأسكاربىنوكسيداز الذى يتأكسد بوجوده حمض الأسكاربىنى بسرعة فى الهواء والمحيولة دون حدوث ذلك لا بد من اجراء التحليل فى وسط حمضى .

اقطع بسكين حادة من التفواذ الذى لا يصدأ شريحة كاملة من تفاحة موزونة مسبقا (من القشرة حتى قلب التفاحة لأن الفيتامين C موزع فى التفاحة بشكل غير متساو ونحن نريد تحليل التفاحة بأكملها وليس قطاعا معيناً منها) . ضع هذه الشريحة فى هاون من الخزف يحوى حمض الهيدروكلوريك المخفف واسحقها جيدا بالمدقة . أضف محلول النشاء ثم عابر المزيج بمحلول مخفف من اليود . ونعين كتلة الشريحة من الفرق بين كتلة التفاحة قبل التحليل وبعد قطع الشريحة منها . ولكن ، هل طريقتنا هذه دقيقة ياترى ؟ فالمعروف أن عصير التفاح لا يحتوى على الفيتامين C فقط ، وانما توجد فيه مواد عضوية أخرى يمكنها أن تتفاعل مع اليود أيضا (وان كان تفاعلها أبطأ من تفاعل حمض الأسكاربىنى) . وبالرغم من كل هذا ، فان طريقتنا دقيقة الى حد كاف . واليك بعض النتائج

التي تم الحصول عليها باستخدام طريقة التحليل هذه :
تم تحضير محلول من ثمار العليق أو الورد البري (٢٥ غم
من الثمار في نصف لتر من الماء) ، وتبين نتيجة تحليله بالطريقة
اليودية أن نسبة الفيتامين C تبلغ ٣,٨٪ (تدل المعطيات الواردة في
المراجع العلمية على أن هذه النسبة تساوي ٤,٥٪) ، وبلغت نسبة
الفيتامين C في عصير البرتقال المحضر حديثا ٠,٥٪ وفي العصير
المعلب ٠,٧٥٪ (النسبة هي ٠,١٤٪ في المراجع العلمية) ،
وإذا أخذنا بعين الاعتبار أن نسبة الفيتامينات تختلف من ثمرة
إلى أخرى أمكن القول بأن هذه الطريقة تعطي فكرة صحيحة
عن نسبة الفيتامين C .

اللوز مر وحلو

يكون اللوز الذي يستعمل في الغذاء حلوا عادة . ولكن هناك
لوز مر لا يختلف في مظهره عن اللوز الحلو ومن غير المستحب
أكله ، ولكنه لا يضيع عبثا . فمنه يصنع زيت يستعمل في
مجالات الطب ، كما ويضاف اللوز المر أثناء تحضير المواد
الغذائية في الصناعة لأن رائحته العطرية أشد بكثير من رائحة
اللوز الحلو .

والتمييز بين اللوز الحلو والمر لا يحتاج إلى أكثر من فائفة
واحدة إذ يكفي أن تقضم اللوزة حتى تشعر بذلك . ولكننا سنحاول
إيجاد فروق كيميائية بينهما . والغرض من ذلك ليس إيجاد
طريقة تحليلية معينة (فالتجربة هنا معقدة جدا ومن غير المعقول
أن تطبق كلما أردنا التمييز بين نوعي اللوز الحلو والمر) ، وإنما
التعرف على بعض المظاهر الطرية من حياة النباتات الوردية
والزهرية التي ينتمي إليها اللوز .

واليك التجربة التالية : خذ عدة حبات من اللوز والزرع
فيها القشرة الخارجية المثبتة ثم استحقها وهي في الماء (٥ - ١٠
ملل) . رشح السائل الناتج ، خذ حوالي ١٠ نقاط من الرشاحة
وامزجها مع عدة نقاط من محلول الصودا الكاوية المخفف
(تركيزه حوالي ١٪) . ومن الضروري أن يكون تفاعل المزيج
قلويا . وعليه يضاف محلول الصودا الكاوية إلى أن يظهر لون

وهكذا تكون قد أتقنت بسرعة ودقة كافية طريقة تحليل حمض
الأسكاربيني . والآن ينتج أمامك مجال واسع من البحث :
فيماكانك أن تدرس مختلف الفواكه والثمار (التي تعطي عصيرا
غير ملون بلون أحمر) وأن تتأكد من أن نسبة الفيتامين C تتعلق بنوع
الفاكهة أم لا . ولكن تذكر أن الحمض الأسكاربيني المذاب
يتأكسد في الهواء ، وعليه يجب إجراء التجارب على عصير
محضر حديثا .

ونورد فيما يلي عدة موضوعات للبحث : إيجاد نسبة حمض
الأسكاربيني في ثمار مقطوفة لتوها وفي ثمار أخرى تم حفظها
اسبوعا واحدا وشهرا ونصف سنة . يقال أحيانا أنه لا يجوز قطع
الفواكه بسكين حديدية لأن الفيتامين C يتفكك من جراء ذلك .
تحقق من هذا القول بوضع العصير في وعاء حديدي (وبالمناسبة ،
إذا أردت أن تقارن بين نسبة الفيتامين C في عصير طازج ونسبته
في عصير معلب ، فلا تنس أن العصير المعلب قد يضاف إليه

ثابت مع محلول الفينولفثالين أو أى دليل آخر حضرته بنفسك .
 المرحلة الثالثة : أضف نقطة من محلول كبريتات الحديد المائية $Fe_2SO_4 \cdot 7H_2O$. سخن المزيج حتى الغليان . رشح ثم أضف الى الرشاحة عدة نقاط من حمض الهيدروكلوريك (حمض كلور الماء) . والآن يجب أن يكون تفاعل المزيج حمضيا (تأكد من ذلك بواسطة الدليل) . وتبقى الخطوة الأخيرة وهى أن تنقط فى المزيج نقطة واحدة من محلول كلوريد الحديد $FeCl_3$. والآن يتضح أمر اللوز المستعمل فى تجربتنا هذه : فإذا كان حلولا بقى المزيج على حاله ولن يطرأ عليه أى تغيير . أما إذا كان مرا ، فانه يظهر بعد اضافة كلوريد الحديد فوراً راسب أزرق جميل يدعى أزرق برلين أو زرقة بروسيا وصيغته $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$.

ويعود السبب فى ذلك ، الى أن اللوز المر الذى أعطى هذا التفاعل الملون الجميل يحتوى على مادة معقدة تدعى الأميجدالين ، كما ويوجد فيه أنزيم الغليكوزيداز الذى يفكك الأميجدالين فى وجود الماء ويحوّله الى مواد أبسط . وتجرى بعد ذلك سلسلة من التحولات المعقدة (لا داع لذكرها هنا) يتكون بنتيجتها فروسايد الصوديوم $Na_4[Fe(CN)_6]$. وهو الذى يعطى اللون الأزرق مع النقطة الأخيرة من كلوريد الحديد .

ولكن ، لماذا لا يحدث التفاعل ذاته مع اللوز الحلو ؟ الجواب بسيط ، وهو أن اللوز الحلو لا يحتوى على الأميجدالين : ولكن أنزيم الغليكوزيداز موجود فيه . وسنستغل هذا فى تجربة أخرى . سنستعاض عن اللوز المر هذه المرة ببذور (عجنيات) الخوخ أو المشمش أو الكرز . فهى جميعها من فصيلة النباتات المزهرة

وتشبه اللوز فى أشياء كثيرة منها أن بذورها تحتوى على الأميجدالين أيضا .

خذ عدة بذور من الخوخ أو المشمش أو الكرز واغسلها مع عدد مماثل من بذور اللوز الحلو . أضف الى المزيج ماء ثم رشح السائل وتابع التجربة كما فى تجربة اللوز المر . فما أن تضيف فى النهاية النقطة الأخيرة من محلول كلوريد الحديد حتى يتكون أزرق برلين الجميل .

جاء الأميجدالين فى هذه التجربة من بذور الخوخ أو المشمش أو الكرز بينما قدم اللوز الحلو أنزيم الغليكوزيداز الذى فكك الأميجدالين . وهكذا نكون قد حصلنا بواسطة ثمار مختلفة على النتيجة ذاتها فى تجربة اللوز المر .

ونشير هنا الى أن الأطباء لا ينصحون أبدا بحفظ مأكولات من الخوخ والكرز فترة طويلة اذا لم تكن مطبوخة . فالخطر هنا يكمن فى البذور لأنه قد تتكون أثناء تحولات الأميجدالين الموجود فيها مواد ضارة بصحة الانسان ، وإن كان تشكل هذه المواد يحتاج الى وقت طويل (البذور الطازجة ليست ضارة) . والآن وبعد أن أدركت هذا الموضوع جيدا يمكنك أن تقدم النصائح للآخرين . والنصيحة الأولى هى أنه يفضل ، لراحة البال ، فصل البذور من الثمار ، وإن كان هذا الأمر يتطلب جهدا اضافيا والنصيحة الثانية هى أن الخشاف والمربيات لا تضر بالصحة حتى ولو كانت تحتوى على بذور هذه الثمار لأن الأنزيم الذى يفكك الأميجدالين يتفكك هو الآخر أثناء التسخين ولن يعود له أى أثر سىء . وإذا أردت التأكد من ذلك ، فبإمكانك اجراء تجربة على بذور مطبوخة ، وسترى بنفسك أنه لن يظهر أى لون فى نهاية التجربة .

تجارب ممتعة ومفيدة

يباع الورنيش (وبعض المواد الملوثة) في المخازن . ولكن الكيميائي الفنى سيحاول تحضيره بنفسه طالما أنه مصمم على إجراء التجارب المعتمدة عليه . وعلينا قبل ذلك نوضح طبيعته وبعض خواصه .

يحضر الورنيش الطبيعي من الزيوت النباتية . وهي كثيرة ومتنوعة فالبعض منها يجف في الهواء (كزيت الكتان وزيت القنب) والبعض الآخر يجف جزئيا كزيت عباد الشمس . وثمة نوع آخر من الزيوت النباتية لا يجف أبدا كزيت الزيتون وزيت الخروع .

ولكن ماذا يقصد بكلمة «يجف» عند تطبيقها على الزيت ؟ فهذه الزيوت لا تحتوى على المذيبات . إذن ، فليس فيها ما يجف . وهذا هو الواقع . فالجفاف هنا تعبير غير دقيق أبدا ، وإن كان شائعا . والحقيقة أن الزيوت لا تجف وإنما تتبلر ، بارتباط جزيئاتها مع بعضها البعض ، مكونة بوليمرا صلبا لا يذوب ولا ينصهر . ولكي يتحقق ذلك لابد من وجود مادة تربط بين جزيئات الزيت الصغيرة نسبيا . وهذه المادة هي أكسجين الهواء . ولهذا السبب يجف بسرعة الدهان الزيتي المطلى على سطح سلعة ما . أما الزيت المتبقى في العلبة ، فلا يتجمد سوى سطحه فقط ، لأنه هو الذى يتلامس مع الهواء .

ومن ناحية أخرى ، فإنه حتى الزيوت الجفوفة (القابلة للجفاف) تتفاعل ببطء شديد مع الأكسجين . وعلينا أن نتنظر وقتا طويلا حتى تجف كليا . ولكن يمكن تعجيل الجفاف بإضافة وسيط إلى الزيت يسمى بالمجفف . إذن ، فالورنيش العادى هو مزيج من زيت (غالبا ما يكون اصطناعيا وليس نباتيا في الوقت الحاضر) ومجفف .

تجرى التجارب الكيميائية لأغراض مختلفة ؛ فقد تكون لمجرد حب الاستطلاع وبدافع فضولى بحث ، أو لتمضية وقت الفراغ بصورة نافعة أو لتحقيق تجريبيا من حقائق وردت في الكتب العلمية . وقد يكون الهدف منها هو الحصول بنتيجة التحولات الكيميائية على مواد مفيدة لك أو للمدرسة . والمهم هنا هو أنك تحضر هذه المواد بنفسك وهي إما أن تكون دهانات أو أصبغة أو هدايا لا يملكها أحد غيرك .

وبفضل أن يجرى العديد من تجارب هذا الفصل (الفصول اللاحقة أيضا) في مخبر المدرسة لأسباب عديدة أولها أنه من الممتع العمل بشكل مشترك مع التلاميذ الآخرين ، وثانيها أنك قد تقدم شيئا مفيدا للمدرسة من جراء عملك هذا . وأخيرا قد تنشأ بعض الصعوبات أثناء تحضير التجربة ، كالحاجة مثلا إلى ألوان خاصة وكواشف معينة لا تتوفر إلا في مخبر المدرسة . ولنبدا بالدهانات الزيتية والمائية .

الدهانات الزيتية

الدهان الزيتي مزيج من ورنيش (زيت جفوف) ومواد ملوثة (أحضان) وستحدث لاحقا عن كيفية تحضيره . أما الآن ، فنستدرس المكون الأساسى فى الدهان الزيتي وهو الورنيش .

وعليه يجب لتحضير الورنيش أن يمزج الزيت الجفوف مع المجفف الذى يباع فى المخازن أيضا . ولكن ليس من الأفضل أن تحضره بنفسك وتجرب فعله ؟

والعديد من المجففات هو أملاح لأحماض عضوية . وبإمكانك تحضير ملح منها معروف جيدا باسم الراتين المصهور . والراتينات هى أملاح الأحماض التى تدخل فى تركيب الراتينجات .

سخن فى وعاء خزفى (أو معدنى) حوالى ٥٠ غم من الراتينج . ويجب أن تتراوح درجة الحرارة بين ٢٢٠ و ٢٥٠°م لأن الراتينج ينصهر فى هذا المجال . أضف الى الراتينج المصهور على دفعات وبمع التحريك المستمر ٥ غم من الكلس غير المطفأ CaO ، فتحصل نتيجة التفاعل على راتينات الكالسيوم . وإذا أخذت عوضا عن الكلس ١٥ غم من أكسيد الرصاص PbO الممزوج على شكل معجون مع زيت الكتان وأضفتها على دفعات الى الراتينج ، حصلت على مجفف آخر هو راتينات الرصاص . وبإمكانك الحصول على أكسيد الرصاص بمزج مسحوق الرصاص مع نترات الصوديوم أو البوتاسيوم (وكلاهما سماء معروف) ثم تسخين المزيج فيتكون أكسيد الرصاص ذو اللون الأصفر . يتابع التسخين حتى يصبح اللون شديدا ثم يبرد المزيج ويعالج بالماء ، فتذوب فيه النواتج الذوابة ويفصل بالخفض أكسيد الرصاص الخفيف عن الرصاص الثقيل الذى لم يتفاعل . ويبقى بعد ذلك أن يرشح السائل ويجفف الراسب ، فتحصل عندئذ على أكسيد الرصاص .

ومن الضروري أن يسخن مزيج الراتينج مع CaO أو PbO

حتى تتكون كتلة متجانسة . راقب هذه الكتلة من وقت لآخر بأخذ قطرات منها ووضعهما على زجاجة نظيفة . ويجب إيقاف التسخين عندما تظهر القطرات شفافة .

واليك مجفف آخر منتشر جدا هو أكسيد المنجنيز MnO_2 . والحصول عليه أمر سهل : حضر محلولاً من كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 ومحلولاً آخر من برمنجنات البوتاسيوم $KMnO_4$. امزج هذين المحلولين فيترسب مسحوق أسود هو الأكسيد المطلوب . ولا يبقى إلا أى ترشحه وتجففه على الهواء دون تسخين .

ومهما كان نوع المجفف الذى حضرته فإن الخطوات التالية تبقى واحدة فى كل الحالات . أضف المجفف الى زيت الكتان أو زيت القنب (كلاهما جفوفان) المسخن حتى الدرجة ١٥٠ - ٢٠٠°م . ويفضل لنجاح التجربة أن يكون الزيت مكررا . اخذ ٣ - ٥ أجزاء من المجفف لكل ١٠٠ جزء من الزيت وامزجها جيدا حتى الذوبان الكامل . وتكون بذلك قد حصلت على الورنيش . اتركه ليبرد ثم جرب تأثير المجفف . اخذ قطعة من الزجاج أو المعدن وادهن قسما من سطحها بطبقة رقيقة من الورنيش واقسم الآخر بطبقة رقيقة من الزيت الصافى والخالى من الوسيط المجفف . وستلاحظ بسهولة كيف أن المجفف يجعل كثيرا جفاف الزيت . وإذا كنت قد حضرت عدة مجففات بإمكانك أن تقارن بينها لمعرفة مدى تأثير كل منها .

ويكفى الآن للحصول على الدهان الزيتي أن يمزج الورنيش مع الخضب (صمغ) جاهز أو من صنعك . ولكن انتبه هنا الى أن الخضب يجب أن يكون مجففا على أحسن وجه ومسحوقا

ومنخلًا خلال أدق منخل متوفر لديك ، أو خلال طبقتين من الشاش .

أضف الزرنيش نقطة نقطة فتقطعة الى هذا المسحوق الدقيق مع فركه جيدا وتحريكه حتى تتكون كتلة متجانسة لزجة تشبه العصيدة افرك الكتلة جيدا مرة أخرى ثم خففها بالورنيش نفسه حتى تصبح شبيهة بالدهان العادي . ومن المحتمل أن تحصل على دهان شفاف الأمر الذي يعتبر غير مرغوبا فيه في بعض الأحيان ولإزالة الشفافية يضاف الى الزيت خضاب أبيض يقضى على الشفافية ولن يؤثر على اللون النهائي للدهان .

ويجب أن تأخذ بعين الاعتبار أنه مهما كان عملك دقيقا ومتقنا فان الدهان الزيتي الذي ستحصل عليه سيكون أسوأ قليلا من الدهان الذي يباع في المخزن . ولكنه ، بالرغم من ذلك ، من صنع يديك .

الأخضاب

كانت الأخضاب تسمى منذ عشرات السنين بالدهانات المعدنية للتأكيد على منشئها نظرا لأن الكثير من الأخضاب الطبيعية كان يحضر بسحق المعادن الملونة . واليوم تطبق هذه الطريقة أحيانا ، وخاصة عندما يراد تحضير دهانات براقه زاهية وثابتة لرسم اللوحات الفنية . ولكن الأخضاب الاصطناعية (مختلف أكاسيد وأملاح الفلزات) هي الأكثر استعمالا في الوقت الحاضر . وتسمى الأخضاب بالأصباغ اذا كانت ذات طبيعة عضوية . وعندئذ تستعمل بصورة رئيسية في صباغة الأقمشة .

ولنقم الآن بتحضير أخضاب معدنية متعددة الألوان ، ولنبدأ بالأخضاب البيضاء .

تقوم مركبات الرصاص والزنك والنتانيوم بدور الأخضاب البيضاء عادة ، وأفضل مصدر للرصاص في مخبر المنزل هو محلول أسيتات الرصاص القاعدية ذو التركيز ٢٠٪ . وقد سبق واستخدام هذا المحلول . وبما أن أبيض الرصاص عبارة عن كربونات الرصاص القاعدية $Pb(OH)_2CO_3$ ، لذا فان تحضيره يتوجب امرار ثاني أكسيد الكربون خلال محلول الأسيتات . عندئذ يترسب أبيض الرصاص . ويبقى بعد ذلك أن يرشح ويغسل بالماء ثم يجفف . وتجدر الإشارة هنا الى أن الزشاحة تحتوي على محلول أسيتات الرصاص ولذا حاول الا تسقط مركبات الرصاص على اليدين والوجه ولا يجوز بأى شكل من الأشكال أن تدخل الفم . ويمنع دهن الأواني المطبخية وجميع الأدوات التي تستعمل في تحضير الطعام بدهانات تحتوي على مركبات الرصاص (ومجفف رصاصي أيضا) .

ولا تصلح دهانات الزنك التي ستعرض لها الآن لعلل الأواني المنزلية أيضا وتنطبق عليها جميع التحذيرات التي ذكرناها بخصوص دهانات الرصاص .

ان المادة الأساسية لتحضير أخضاب الزنك هي كلوريد الزنك $ZnCl_2$. ويمكن الحصول على محلول منه بإضافة قليل من الزنك الى حمض الهيدروكلوريك . ويمكنك الحصول على الزنك من بطارية قديمة لأنها مصنوعة من الزنك الصرف تقريبا . أضف الى المحلول الناتج نقطة نقطة من محلول صودا الغسيل ، فيقوم هذا المحلول أولا بتعديل الفانوس من الحمض (والدليل على

ذلك هو تشكل الرغوة) ثم يتفاعل مع كلوريد الزنك مكونا الكربونات $ZnCO_3$. تفصل هذه الكربونات بالترشيح وتغسل بالماء ثم تحمص عند درجة لا تقل عن $280^\circ C$ ومن ناحية أخرى لا يجوز رفع درجة الحرارة عن هذا الحد لأن كربونات الزنك تتفكك عندئذ الى أكسيد الزنك ZnO و CO_2 .

وشمة خضيب أبيض آخر من الزنك هو كبريتيد الزنك ZnS . ولتحضيره لابد من الحصول أول على كبريتيد الصوديوم Na_2S . ولهذا الغرض تسخن كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 بشدة (لا تنس أن هذه المادة تباع لتحضير أفلام التصوير) فتتكون عندئذ مادتان هما كربونات الصوديوم Na_2CO_3 وكبريتيد الصوديوم Na_2S . ونحن بحاجة للمادة الثانية فقط . ولهذا يذاب المزيج بعد تبريده في الماء ثم يضاف اليه قليل من محلول كلوريد الزنك الذي حصلت عليه في التجربة السابقة . حاول ألا يبقى فائض من الحمض في المحلول لأن الكبريتيد المتكون يذوب فيه . وبعد الترشيح والتجفيف تحصل على مسحوق أبيض اللون هو ZnS .

ولنتنقل الآن الى الأحضاب الملونة . وسنحضر واحدا منها وهو أخضر النحاس أو الزنجار المعتدل .

أضف الى محلول كبريتات النحاس محلول الصودا فيتشكل راسب من كربونات النحاس القاعدية $Cu_2(OH)_2CO_3$. وشح هذا الراسب ثم أضف اليه بخدر نقطة فنقطة من محلول روج الخل حتى يذوب الراسب تماما . بخر المحلول حتى الجفاف تقريبا على نار هادئة مع مراعاة عدم الافراط في التسخين ودون السماح للسائل بالتردد ثم اترك الناتج ليبرد . افصل بالترشيح البلورات

الخضراء المزرقة الناتجة ونشفا بوضعها داخل أوراق ترشيح . يفضل أن تجرى هذه التجربة في المخبر تحت نافذة سحب الغازات وفي حال اجرائها في البيت ، فلا تنس أن تفتح النوافذ للتهوية وحتى تزول رائحة الخل .

ولنتنقل الى الأحضاب المكونة من أكسيد الحديد Fe_2O_3 ، فهي متعددة ويختلف لونها من الأحمر الى البني . وقد يسود أكسيد الحديد من جراء التسخين الشديد .

يحضر أكسيد الحديد بسهولة بتحريض كبريتات الحديد المائية . ويفضل أن تحمص على دفعات صغيرة وكبي يجرى التفكك بسرعة أكبر ، ويتابع التحميص حتى يتحول اللون من الأخضر الى الأسود . وبعد التبريد يتكون الأكسيد Fe_2O_3 ذو اللون الأحمر .

وإذا لم يتسن لك شراء كبريتات الحديد المائية فبامكانك أن تحضرها من كبريتات النحاس الأكثر توفرا : ارم في محلول كبريتات النحاس ثائرة من الحديد مغسولة بالبيزير . وبعد أن يتحول لون المحلول من الأزرق الى الأخضر رشحه ثم بخره حتى الجفاف فتحصل على كبريتات الحديد وإن كانت ليست نقية تماما (لأن الحديد يتأكسد جزئيا باكسجين الهواء) الا أنه يمكن استعمالها في تجاربنا هذه .

يمكن تحضير هيدروكسيد الحديد البني $Fe(OH)_3$ من محلول كبريتات الحديد بعد أن يضاف اليه هيدروكسيد الصوديوم (وهو كما جاء في فقرة «التصدير والرصاص» من صودا الغسيل والكلس المطفأ ، ولا تنس أثناء التعامل بأية مادة قلوية من اتخاذ الاحتياطات اللازمة) فيتكون عندئذ راسب من هيدروكسيد

الحديد $Fe(OH)_2$. ولتحويل هذا الأخير الى الهيدروكسيد $Fe(OH)_3$ يكفي أن يؤكسد بفوق أكسيد الهيدروجين (الماء الأكسجيني) أو أن يترك في زجاجة مفتوحة ، إذا كان لديك متسع من الوقت ، فينأكسد بواسطة أكسجين الهواء . افضل الراسب البني واثره ليحذف في درجة حرارة الغرفة .

ويشتهر بين الأحضاب القائمة على الحديد خضب أزرق يدعى أزرق برلين أو زرقة بروميا . وفيما يلي طريقة تحضيره : أذاب هيدروكسيد الحديد $Fe(OH)_2$ الذي حصلت عليه في التجربة السابقة في حمض الهيدروكلوريك (يمكن استعمال الحمض المخفف الذي يباع في الصيدلية) أو في محلول روج الخل ، وإن كان أسوأ من الحمض الأول . امزج المحلول الناتج مع محلول فروسيانات البوتاسيوم (المعروف باسم الملح الدموي الأصفر) فيتكون راسب أزرق هو أزرق برلين $Fe_4[Fe(CN)_6]_3$ وهذا التفاعل حساس جدا وكثيرا ما يستعمل للكشف عن ايونات الحديد ثلاثي التكافؤ في المحلول .

يمكن أن يضاف أكسيد الرصاص الأصفر ، الذي استعملته لتحضير المجفف ، الى الدهان ليقوم بدور الخضب أيضا . وللحصول على أكسيد الرصاص الأحمر Pb_2O_3 يكفي أن يسخن في الهواء أكسيد الرصاص PbO الذي حضرته سابقا . والمشكلة الدقيقة هنا هي أن تفاعل الأكسدة عكوس بحيث أن الأكسيد الأحمر Pb_2O_3 يتحول في درجة أعلى من الدرجة $500^\circ C$ الى الأكسيد الأصفر PbO من جديد وهذا يعني أن درجة حرارة التفاعل يجب أن تكون تحت الدرجة $500^\circ C$ بقليل ولا يجوز أن تكون أقل منها كثيرا لأن التفاعل لن يحدث عندئذ . ولا

أظن أنه لديك ترمومتر (ميزان حرارة) مناسب لقياس هذه الدرجة . ولكن يمكن أن تحل هذه المشكلة بوضع قطعتين من الرصاص والزئبق بجانب الأكسيد المحمص ويكون المجال الواقع بين درجتى انصهارهما ، وهما $327^\circ C$ و $420^\circ C$ على التوالي ، مناسبة للحصول على الأكسيد . وطبعي أن ينصهر الرصاص أثناء التجربة بينما يبقى الزئبق صلبا أثناءها .

والسناج (هاب الفحم) يستعمل كخضب أسود أيضا . واليك طريقة للحصول على سناج جيد تصلح للاستعمال في الدهانات : وجه لهب شمعة من البارافين على سطح بارد لشيء لا يشتعل طبعاً . اقشط من وقت لآخر الطبقة الرقيقة السوداء المتكونة . ففي مثل هذه الظروف لا يحترق البارافين كلياً والى جانب ثاني أكسيد الكربون CO_2 يتشكل السناج أى الفحم . وفي الختام ستحضر الأحضاب الخضراء . وسنبدأ بأكسيد الكروم Cr_2O_3 ذي اللون الأخضر الغامق . ولعلكم تذكرون من تجارب الأكسدة والاختزال أن الكثير من مركبات الكروم ملونة منها يجعلها تستخدم كأحضاب تضاف الى الدهانات التي لا تتلامس مع المواد الغذائية .

وستنطلق من بيكرومات البوتاسيوم $K_2Cr_2O_7$ ، وهي أكثر مركبات الكروم توفراً . اخلط بيكرومات البوتاسيوم مع الفحم الفعال أو الكبريت ثم اسحق المزيج جيداً في هاون . خذ بعد ذلك 2 غم من هذا المزيج وسخنها جيداً في وعاء خزفي أو معدني (يجري التفاعل بعنف عندما تكون الكمية كبيرة) . برد المزيج واغسله عدة مرات بالماء ثم رشحه . جفف الراسب الأخضر الغامق المتبقى على ورقة الترشيح وهو أكسيد الكروم .

وثمة طرائق أخرى للحصول على هذا الخشب ، يتم ذلك مثلا بتسخين بيكرومات الأمونيوم ، أو مزيج من بيكرومات البوتاسيوم مع كلوريد الأمونيوم . وتجدر الإشارة الى أن أكسيد الكروم المتكون في هذه التفاعلات لا يستخدم كخشب أخضر فحسب ، وإنما يستعمل كمادة حالة دقيقة تعتبر من أفضل المواد في هذا المجال ، وهو يدخل في تركيب العديد من معاجين الصقل الدقيقة جدا والتي تستعمل ، مثلا ، في صقل وتلميع عدسات ومرايا الأجهزة الضوئية .

ويبقى أخيرا أن نذكر الخشب الأخضر هيدروكسيد الكروم وهو يوصف «بالأخضر الزمردى» أيضا ، ويتميز عن الهيدروكسيد الرمادي العادي ذي التركيب ذاته بأنه يتألف من جزيئات وجسيمات أكبر . اصهر بيكرومات البوتاسيوم مع حمض البوريك في ملعقة حايدية ويجب التسخين حتى الدرجة الحمراء للحديد ، وعليه ينبغي مسك المعلقة بالمقسط . عالج الصهارة ، بعد تبريدها ، بالماء ثم رشح المزيج ، وستأكد من أن لون المادة هو فعلا أخضر زمردى .

وبعد أن حصلت على كمية كافية من الأخضراب ، يستحسن أن تستفيد منها في تركيب الدهانات الزيتية التي صنعتها بنفسك أو الدهانات الجاهزة التي اشتريتها من المخزن كأن تضيفها مثلا الى دهان أبيض أو ملء اصطناعي .

الدهانات المائية

كثيرا ما تصادف في الكتب القديمة تسميات لأصباغ غريبة مثل الصندل الأحمر والكارمين (القرمز) والسيدج وشجرة

البقم ... وغيرها ، ولا يزال البعض من هذه الأصباغ يستعمل حتى في الوقت الحاضر ولكن بكميات قليلة جدا وفي مجال خاص جدا وهو تحضير الدهانات التي تستعمل في رسم اللوحات الفنية . والواقع أن الأصباغ الطبيعية التي تحمل مثل هذه الأسماء الجميلة تحضر من النباتات والحيوانات ، وهذا ، كما تعلمون ، أمر معقد وغالي الثمن ، وإن كانت الأصباغ الطبيعية تتميز بوضوحها وصفائها ومتانتها ومقاومتها للضوء .

ولعل من الممتع والطريف التحقق من ذلك . ولكن كيف ؟ فشجرة البقم تنمو في أمريكا الجنوبية ، وشجرة الصندل الأحمر تنمو في جنوب آسيا ، ويستخلص السيدج من حيوان العجاء (وهو حيوان بحري هلامي) ويستخلص الكارمين من حشرات صغيرة جدا .

وبالرغم من كل ذلك ، فبإمكانك الحصول على أصباغ طبيعية في منزلك وأينما كنت . فالنباتات التي تحيط بك تحوى مواد ملونة وإن كانت ليست على هذه الدرجة من الصفاء والمبانة كما في الأصباغ الآتية الذكر . وكان أسلافنا يستعملون هذه المواد كثيرا . وسنحاول نحن استخلاص الأصباغ من النباتات لاستعمالها بعد ذلك في تحضير الدهانات المائية . لذا فمن الطبيعي أن تكون هذه الأصباغ جيدة الذوبان في الماء . سنحضّر جميع الأصبغة بطريقة واحدة تقوم على سحق النبات أو جزء منه ثم غليه في الماء فترة طويلة بغية الحصول على محلول مركز لزج ، ولا داع هنا للحصول على أصبغة جافة لأن هدفنا الأخير هو تحضير دهان يذوب في الماء .

وأود أن ألفت انتباهك الى قضية هامة جدا وهي : لا تأخذ

سوى النباتات التى يسمح بجمعها فى المنطقة التى تعيش فيها ولا يجوز فى أى حال من الأحوال قطف الأزهار واقتلاع النباتات النادرة الموضوعة تحت حماية السلطات المحلية ، ولكن لا تلحق الضرر بالطبيعة يجب أن تكفى بجمع عدد محدود من النباتات .

وسيلة ضد الصدأ

لا تستعمل الأوراق والأغصان والجذور والثمار لتحضير الأصباغ فحسب ، وإنما تحضر منها عشرات المواد المفيدة الأخرى . وقد نتعجب إذا قلنا أن النباتات تحتوى على مركبات عضوية تستطيع حماية الفلزات من التآكل .

تصور أنه يراد تنظيف قطعة فولاذية ضخمة من الصدأ . فهل ستقوم بحكها بورق صنفرة ؟ طبعاً لا ، وإنما ستستخدم طريقة كيميائية ، كالتنظيف بالحمض مثلاً ، ولكن لنفرض أنك غطت هذه القطعة فى محلول حمض ما يزيل الصدأ فإنه من المحتمل عندئذ أن يثوب قسم من الفلز فيه لأنك لا تستطيع ، مهما حاولت ، منعه من الاحتكاك بالحمض .

اذن ، فالجواب واضح وهو أنه نحتاج الى محلول يزيل الصدأ ولا يؤثر على المعدن . والواقع أنه تستخدم منذ وقت طويل محاليل كالمحلول المذكور . ففيها يدخل الى جانب الحمض مادة هامة أخرى تدعى منبط التآكل . وهى أداة تبطىء كثيراً ذوبان المعدن ولا تعيق أبداً ذوبان أكاسيده وهيدروكسيدات ، أى المواد التى تنتج من تآكله .

تستخدم فى المصانع مثبطات تحضر غالباً بطريقة اصطناعية ،

وتذكر من بينها سداسى ميثيلين التترامين . وهو يباع فى الصيدليات تحت اسم «الأوروتروبين» . والآن اذا أخذت قطعتين متماثلتين من الحديد ووضعتهما فى انبوى اختبار يحوى الأول محلولاً ضعيفاً من حمض الهيدروكلوريك ويحرى الانبوى الثانى المحلول ذاته مضافاً اليه قليل من الأوروتروبين ، لاحظت بسرعة الفرق بين الحالتين حيث يكون ذوبان المعدن بطيئاً جداً فى المحلول الحامى على المثبط

ولكن غابتنا هى استخلاص مثبطات التآكل من النباتات وسنستعين لهذا الغرض بأوراق وأغصان البطاطس والبنادورة (الطماطم) .

تقطع الأوراق والأغصان بالسكين قطعاً صغيرة وتغمر فى محلول مخفف (لا يزيد تركيزه عن ٥٪) من حمض الهيدروكلوريك . وفى حال استخدامك لحمض الهيدروكلوريك الذى يباع فى الصيدلية فإنه يكفى أن يخفف مرتين فقط حتى تحصل على المحلول المطلوب . احفظ المزيج فى وعاء مغلق واتركه عدة أيام أو أسبوع حتى تكتمل عملية الاستخلاص . وعندما يصبح المحلول جاهزاً يمكن استعماله لتنظيف الصدأ . ويحضر محلول التنظيف عندما يكون الصدأ كثيراً جداً كما يلى : أجزاء من محلول الاستخلاص مع ٤٠ جزءاً من حمض الهيدروكلوريك المركز و ٧٥ جزءاً من الماء (تحول الأجزاء الى حجوم لسهولة التحضير) . وعندما يكون الصدأ قليلاً تؤخذ ١٠ أجزاء من محلول الاستخلاص وحوالى ٢٠ جزءاً من الحمض ويمكن زيادة كمية الماء قليلاً .

وبإمكانك غمر القطع المعدنية التى يعلوها الصدأ فى مثل

هذه المحاليل حيث تصبح نظيفة بعد فترة ، ولن تؤثر أبداً على المعدن نفسه .

أذن ، فما هي المواد الموجودة في النباتات والتي تحمي القلز جيداً من التآكل ؟ انها جملة من المركبات . وتشمل أشباه القلويات وبولي السكريدات والبروتينات والمواد المخاطية والعنصرية . فجميعها قادرة ، وإن كان بدرجة مختلفة ، على الامتزاج على سطح المعدن والبقاء عليه ، مما يحول دون حدوث تماس مباشر بين المعدن والحمض . ولا ترغب هذه المواد في الاتحاد مع الصدا ، وتتركه يذوب في الحمض دون أى عائق .

لدهن بلا دهان

يسكننا أن ندهن بلا دهان السطوح المعدنية وذلك بطليها (كيميائياً أو كهركيميائياً) بطبقة رقيقة من الأكاسيد أو الأملاح التي تلتصق جيداً على السطح . ولكن تنفيذ ذلك ليس بالأمر السهل . والدليل على ذلك هو أن الحديد يتغطى في الهواء الرطب بسرعة (ودون مساعدتنا) بطبقة بنية حمراء من نواتج الأكسدة وهي بكل بساطة طبقة من الصدا . ولكن طريقة الطلاء هذه لا تصلح لأى شيء أبداً لأن الصدا لا يلتصق جيداً بجسم المعدن ويلوث اليدين عند لمسه .

وسنورد هنا عدة طرائق لدهن الفلزات الحديدية ، يمكن اجراء البعض منها فقط في البيت بينما يحتاج البعض الآخر الى كواشف كيميائية لا يمكنك شراؤها في الصيدلية أو في المتحازن العادية . ولكننا نأمل أنك أصبحت عضواً في الحلقة الكيميائية في مدرستك .

يسود النحاس والنحاس الأصفر (الشبه) بسرعة في الهواء ولكنهما يحافظان على لمعانهما اذا ما طليا بطريقة كيميائية . والاعداد لهذه الطريقة يتطلب فترة من الزمن لأن سطح المادة يجب أن يكون نظيفاً جداً وخالياً من الوسخ والدهن ، ولهذا الغرض يصقل السطح جيداً ويمسح بعدها بقطعة قماش مبللة بالبنزين ثم يفرغ ببطاشير رطب . تغسل القطعة النحاسية تحت ماء جار وتعلق بخيط مثنى ولا يجوز بعد ذلك لمسها باليد كى لا تبقى بقع دهنية على سطحها (حتى ولو كانت اليد جافة تماماً ، فانه يوجد على الجلد قليل من الدهن) . غطس القطعة في محلول مخفف من حمض التترك (الآزوت) (٥-١٠ ملل في ١٠٠ ملل من الماء) ثم اغسلها بماء ساخن . وتصبح القطعة جاهزة عندئذ .

والآن يتعلق الأمر باللون الذى قررت أن تدهن به النحاس . فاذا كان أسود ، فما عليك الا أن تتركه خمس دقائق في محلول يحتوى كل ١٠٠ ملل من الماء فيه على ٠.٩ غم من الصودا الكاوية و ٠.٣ غم من فوق كبريتات الأمونيوم $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ (وهي مادة تستعمل في التصوير) . ويجب أن تكون درجة حرارة المحلول ٩٠-١٠٠°م .

ويتلون النحاس والنحاس الأصفر بلون بني كلون الشوكولا بعد غمرهما في محلول من كلوريد البوتاسيوم وكبريتات النيكل NiSO_4 وكبريتات النحاس CuSO_4 (٤.٥ و ٢ و ١٠.٥ غم على التوالي في ١٠٠ ملل من الماء) . تتراوح درجة حرارته بين ٩٠° و ١٠٠°م أيضاً . ويتحول لون النحاس الأصفر الى لون أزرق سماوى بعد تركه فترة قصيرة في محلول يتألف من ٣ غرامات

من أسيتات الرصاص و ٦ غرامات من ثيوكيريتات الصوديوم (الهيوسولفيت) و ٥ غرامات من حمض الخليك و ١٠٠ ملل من الماء ويجب أن تكون درجة حرارة هذا المحلول حوالي ٨٠° م . ويمكن جعل النحاس أخضر اللون . ولهذا يكفي أن يعمر في محلول تركيبه كالتالي : في كل ١٠٠ ملل من الماء يوجد ٢٠ غم من نترات النحاس CuNO_3 و ٣٠ غم من هيدروكسيد الأمونيوم و ٤٠ غم من كلوريد الأمونيوم و ٤٠ غم من أسيتات الصوديوم (يمكن الحصول على محلول منها بتفاعل الصودا مع الخل) . ونلفت انتباهك الى أنه يجب التعامل بنترات النحاس بحذر ومنعها من السقوط على الوجه أو في الفم خاصة .

ولعلك لاحظت أننا لم نعين زمن التفاعل في جميع التجارب باستثناء تجربة اسوداد النحاس . وعليك أن تعينه بنفسك تجريبيا آخذا بعين الاعتبار أن اللون يشتد كلما طال زمن التفاعل . والفاز التالي الذي يمكن حلاؤه كيميائيا هو الزنك . وهو قليل الاستعمال الا أن الأدوات المطلوبة به معروفة جيدا ويمكننا استخدام أية أداة قديمة منها لاجراء التجارب عليها . ولهذا الغرض يغسل سطحها بمحلول الصودا أو يمسح بقطعة قماش مبللة باليزرين ثم يغسل بالصاين والماء الساخن ويشطف عدة مرات بالماء والآن يمكن أن نضع على السطح المطلي بالزنك المواد التي تتفاعل معه وتعطي مركبات ملونة . ونورد فيما يلي كيفية تحضير هذه الألوان .

اللون الأسود : جزءان من نترات النحاس و ٣ أجزاء من أكسيد النحاس و ٨ أجزاء من حمض الهيدروكلوريك و ٦٤ جزءا من الماء . بعد ظهور اللون يغسل السطح بالماء ويجفف .

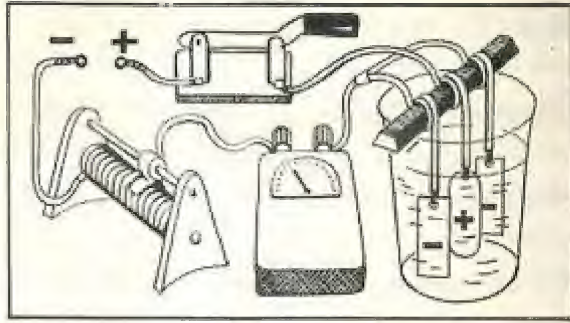
اللون الأخضر : ١٠ أجزاء من كبريتات النحاس و ١٠ أجزاء من حمض الطرطريك و ١٢ جزءا من الماء و ٢٤ جزءا من محلول الصودا الكاوية في الماء (١ : ١٥) . يشطف السطح بالماء حالما يظهر اللون ولا تظهر مسحة بنية عليه .
اللون الأزرق : ٦ غم من ملح لثيكل و ٦ غم من كلوريد الأمونيوم في كل ١٠٠ ملل من الماء .

اللون الذهبي : يمزج محلول مؤلف من جزء واحد من حمض الطرطريك وجزئين من الصودا وجزء واحد من الماء مع غضار نظيف . يفرك السطح بهذا المزيج . ويشطف بالماء بعد أن يجف .

اللون البني البرونزي : جزء واحد من النحاس الأخضر (الزنجار المعتدل) و ٥ أجزاء من حمض الخليك . يفرك السطح بالمزيج ثم يغسل بالماء ويجفف .

اللون النحاسي : لما كان الزنك أنشط من النحاس ، لذا يكفي أن يبلل بمحلول ملح نحاسي ، ككبريتات النحاس مثلا . ونذكر بالمناسبة أنه يمكن بهذه الألوان رسم لوحة ما على سطح الزنك .

ولنتقل من الزنك الى الألومنيوم . ولكن حلاء الألومنيوم أعقد بعض الشيء ويستغرق وقتا أطول ولا يتم الا بواسطة التيار الكهربائي . وهنا يستغنى عن أكسيد الألومنيوم وأملاح الألومنيوم وتطبق طريقة أخرى تعرف باسم الأنودة . وتتلخص هذه الطريقة فيما يلي : تغمر قطعة الألومنيوم في الكتروليت ويمرر خلالها تيار كهربائي فتتكون عندئذ على سطحها طبقة من الأكسيد يقل ثخنها عن ٠.١ ملم . وباعتبار أن قطعة الألومنيوم تقوم بلور



واجعل التيار يساوى ٢٠-٢٥ ميلي أمبير لكل ١ سم^٢ من السطح . لاحظ كيف أن القطعة تنغطي رأساً بفقااعات الغاز . وهذا يعنى أن الأكسجين ينطلق ويؤكسد الألومنيوم وتشتت العملية حوالى ساعة واحدة في درجة حرارة الغرفة .

اغسل القطعة المأثدة تحت ماء جار ، وغطسها بعد ذلك في محلولين ملونين على التوالى بشرط أن تبقى في كل منهما مدة تتراوح من ٥ الى ١٠ دقائق ثم اغسلها بعد كل مرة تحت ماء جار . وأخيرا اغسل القطعة الملوثة بالماء واتركها لتجف .

واليك فيما يلى تراكيب المحاليل الملونة وتراكيزها المحتملة (بالغرامات في كل ١٠٠ ملل من الماء) :

اللون الأزرق : فروسيانيد البوتاسيوم (١ - ٥) وكلوريد الحديد الثلاثى التكافؤ (١ - ١٠) ؛

اللون البنى : فروسيانيد البوتاسيوم (١ - ٥) وكبريتات النحاس (١ - ١٠) ؛

اللون الأسود : أمينات الكوبلت (٥ - ١٠) وبرمنجنات البوتاسيوم (١٠٥ - ٢٠٥) ؛

الأنود لذا سميت العملية بالأنودة . وتكون طبقة الأكسيد هذه مملوءة بمسامات دقيقة جدا تثبت الأصباغ فيها جيدا . ويمكن دهن السطح المأثود بأصباغ عضوية وطبيعية ، ولكن يفضل استعمال المواد اللاعضوية لهذا الغرض . وتعالج القطعة عادة في محلولين ملونين بالتتابع وعندها تبقى نواتج التفاعل الملوثة في المسامات .

اصقل قطعة الألومنيوم ثم امسحها بالترين أو الأسيتون لترزع الدهن عنها . اغسلها بماء ساخن واربطها بسلك وغطسها في محلول من الصودا الكاوية تركيزه ٥٪ اتركها في المحلول ثلاث دقائق ثم اغسلها بالماء مرة أخرى وغطسها في محلول ضعيف من حمض النتريك (٢٠ - ٣٠ ملل من الحمض في ١٠٠ ملل من الماء) . وطبيعى أنه لا يجوز الآن لمس القطعة وإنما يجب أن تمسك بملقط . اغسل القطعة من جديد بماء ساخن أولا ثم بماء بارد . وعلقها داخل الكأس . ولهذا الغرض يوضع قضيب خشبي أو قلم رصاص على قوذة الكأس ويلف عليه السلك بحيث تصبح القطعة معلقة داخل كأس وعلى ارتفاع عدة سنتيمترات فوق قعره . اربط القطعة بالقطب الموجب لمصدر التيار . علق الكاثودين ، وهما صفيحتان من الفولاذ ، بالطريقة السابقة . وكمصدر للتيار يمكن استخدام بطاريات صغيرة الا أنها تستهلك بسرعة . ويفضل استخدام مكرم أو محلول مع مقوم .

اسكب في الكأس محلولاً من حمض الكبريتيك (٢٠ ملل من الحمض في ١٠٠ ملل من الماء) . ضم الى السلسلة مفتاح كهربائى ومقاوم متغير لتنظيم التيار . ويجب أن تشمل السلسلة جهازاً لقياس شدة التيار (الميلي أمبير متر) . اقلل السلسلة

اللون الأصفر : بيكرومات البوتاسيوم (٥ - ١٠) وأسيئات الرصاص (١٠ - ٢٠) ؛
اللون الأصفر الذهبي : هيبوسولفيت الصوديوم (١ - ٥) وبرمنجنات البوتاسيوم (١ - ٥) ؛
اللون الأبيض : أسيئات الرصاص (١ - ٥) وكبريتات الصوديوم (١ - ٥) ؛
اللون البرتقالي : بيكرومات البوتاسيوم (٥ - ١) ونترات الفضة (٥ - ١٠) .

الطلاء بالكهرباء (الطلاء الغلفاني)

من الطبيعي أن تنتقل بعد أنودة الألومنيوم الى تجارب كيميائية كهربائية أخرى طالما وأنه تتوفر بين أيدينا جميع الأدوات اللازمة لذلك من مغطس الكتروليتي ومنبع للتيار ومقاوم متغير ومفتاح كهربائي وغيرها . وسنقوم في هذه التجارب باستخلاص الفلز من المحلول ثم طليه على سطح ما . وتسمى هذه العملية بالطلاء بالكهرباء أو الطلاء الغلفاني . ونشير في هذه المناسبة الى أن أنودة الألومنيوم تنتهي الى عمليات الطلاء بالكهرباء .

وستتعلم أولا كيفية طلاء سطح فولاذي بالنحاس . والطلاء بالنحاس عملية واسعة الانتشار في الصناعة . وهي ليست عملية مستقلة بذاتها فحسب ، وإنما تطبق (وفي أكثر الأحيان) كعملية تمهيدية تسبق عملية التغطية بطبقات من الكروم والنيكل والفضة أكثر مثانة وجمالا من الطبقة النحاسية . ويعزى السبب في اللجوء الى الطلاء بالنحاس كمرحلة أولى الى أن النحاس يلتصق

جيدا على الفولاذ ويملاء جميع الثقوب والفجوات على سطحه فيجعله أملس وناعما ، أضف الى ذلك أن الفلزات الأخرى تترسب جيدا على الطبقة النحاسية . ويبدو وكأن كل شيء بسيط : اذ يكفي أن تعالج قطعة الفولاذ بمحلول كبريتات النحاس حتى يقوم الحديد الأكثر نشاطا وفعالية من النحاس بطرد هذا الأخير من المحلول فيترسب على السطح . والواقع أن هذا ما يحصل فعلا (يمكنك التأكد من ذلك بتغطيس مسمار نظيف في محلول CuSO_4 ولكن طبقة النحاس المتكونة على السطح تكون هشة جدا ويمكن أن تزول بسهولة بمجرد مسحها بقطعة قماش . أما المعالجة الكيميائية الكهربائية ، فتجعل طبقة النحاس متساوية ومتينة .

واليك طريقة بسيطة جدا للطلاء بالنحاس : انزع الطبقة العازلة من نهاية سلك كهربائي ، وشعت الأسلاك النحاسية الرفيعة فيه بحيث تأخذ شكل «الفرشاة» . ولسهولة العمل اربطها بقضيب خشبي أو قلم رصاص واربط الطرف الآخر من السلك بالقطب الموجب للبطارية مصباح جيب كهربائي . اسكب الالكتروليت (وهو محلول مركز من كبريتات النحاس يفضل أن يكون محمضا قليلا) في كأس واسع يمكن غمس «الفرشاة» فيه بسهولة . حضّر صفيحة من الفولاذ أو أية قطعة أخرى يفضل أن يكون سطحها مستويا . افركها بورق صنفرة ناعم ، ونظفها بغليها في محلول صودا الغسيل ، ضع الصفيحة في المغطس وأوصلها بالقطب السالب للبطارية . والآن أصبحت السلسلة جاهزة ، ولم يبق علينا إلا أن نضيف الالكتروليت . اغمس «الفرشاة» في محلول كبريتات النحاس ثم مررها أمام الصفيحة دون أن تلمس سطحها

وحاول أن تبقى دائما طبقة من الالكتروليت بين الصفيحة والفرشاة . ويجب أن تبقى الأسلاك مبللة بالمحلول . وستلاحظ أن الصفيحة ستنغلي بطبقة حمراء من فلز النحاس . وتستغرق العملية عدة دقائق . وإذا كان السطح أكبر احتاجت العملية وقتا أطول وبطارية اضافية توصل على التوالي مع البطارية الأولى . وبعد انتهاء الطلاء تجفف القطعة في الهواء وتترك طبقة النحاس الربداء بقطعة قماش من الصوف حتى تصبح لناعمة .

وبالنسبة ، يمكن إجراء هذه التجربة على صفيحة من الألومنيوم أو الزنك . وهذه العملية ، التي لا تغطس فيها القطعة في مغطس الكتروليتي ، وإنما تعالج من الخارج بإضافة الالكتروليت طيلة الوقت ، تطبق أحيانا في الصناعة ، وبخاصة عندما تكون القطع كبيرة جدا ولا يتوفر لها مغطس ملائم ، كما هو الحال عندما يراد تجديد الطلاء على هيكل باخرة عابرة للمحيطات ... ومع ذلك ، فإن القطع عندما تكون صغيرة تغطس عادة في مغطس الكتروليتي . فهذه عملية أسرع وأبسط . وهذا ما يلجأ اليه عادة أثناء طلاء الفولاذ بالنيكل ، أو بعبارة أدق ، قبل الطلاء بالنيكل ، لأن طلاء الفولاذ بالنحاس أولا مر لا بد منه في هذه الحالة .

افرك القطعة المعدنية التي تريد طلاؤها بالنيكل (ولتكن صنبور ماء أو لوحة تريد تعليقها على الباب) بورق صنفرة اترع طبقة الأكسيد عنها ، ونظفها بالفرشاة ، ثم اغسلها جيدا بالماء ، وضعها بعد ذلك في محلول ساخن من صودا الغسيل . اسحبها من المحلول واغسلها بالماء مرة أخرى . علق في كأس أو زجاجة واسعة صفيحتين نحاسيتين (الأنود) بواسطة سلكين (بفضل

أن يكونا من النحاس) . علق القطعة بينهما (يتم التعليق كما ذكرنا آنفا بلف الأسلاك حول قلم رصاص يوضع على فوهة الكأس أو الزجاج) . أوصل سلكي الصفيحتين النحاسيتين فيما بينهما وأرطبهما بالقطب الموجب لتيار . ثم اربط القطعة بالقطب السالب . أدخل في السلسلة مقاوم متغير لتنظيم التيار وجهاز ميلي أمبير متى لقياس شدة التيار . استعمل كمتبع للتيار ثلاث بطاريات لمصباح جيب كهربائي متصلة على التوالي ، أو مركم لا يزيد جهده عن ٦ فولط .

اسكب محلول الالكتروليت (وهو يتألف من ٢٠ غم من كبريتات النحاس و ٢ - ٣ ملل من حمض الكبريتيك في كل ١٠٠ ملل من الماء) في الكأس بحيث يغمر الالكترودات كلها . اجعل التيار ، مستعينا بالمقاوم المتغير ، يتراوح من ١٠ الى ١٥ ميلي أمبير لكل سنتيمتر مربع واحد من سطح القطعة . اقطع التيار بعد عشرين دقيقة ، واسحب القطعة من المحلول ، فتلاحظ أنها أصبحت مغطاة بطبقة رقيقة من النحاس . احتفظ بالالكتروليت لأنك ستحتاجه فيما بعد .

ويبقى بعد ذلك إجراء الطلاء بالنيكل . حضر الكتروليتا جليدا (٣٠ غم من كبريتات النيكل و ٣,٥ غم من كلوريد النيكل و ٣ غم من حمض البوريك في كل ١٠٠ ملل من الماء) واسكبه في كأس آخر ، حضر الكترودين من النيكل وغطسهما في الالكتروليت ثم اجمع السلسلة السابقة وافتح التيار واتركه حوالي عشرين دقيقة أيضا ، اسحب القطعة من المحلول واغسلها بالماء ثم جففها ، فتلاحظ أنها تغطت بطبقة باهتة من

التيكل ، ولا يبقى الا أن تصقل هذه الطبقة جيدا لتبدو لماعة كالمتعاد .

يستعمل عادة حمض الكروميك كالكتروليت في عملية الطلاء بالكروم . وباعتبار أن هذا الحمض غير متوفر لديك ، لذا سنحاول اللجوء الى طريقة أخرى . اشتر أكسيد الكروم ، واحصره مع الصودا في الهواء ، أى سخن المزيج فى وعاء معدنى نظيف ، فتحصل بعد ذلك على كرومات الصوديوم Na_2CrO_4 . أذب الكرومات فى الماء . رشح المحلول ، ثم حمضه قليلا بحمض الكبريتيك . والآن يمكن استعمال هذا المحلول للطلاء بالكروم . ولا حاجة لتحضير كرومات الصوديوم اذا كانت متوفرة لديك وجاهزة للاستعمال .

امسح القطعة الصغيرة التى تود طلاؤها بالكروم بورق صنفرة ، وانزع الدهن عنها ، ونظفها بمحلول حمضى ضعيف ، ثم اغسلها جيدا ، واستعملها ككاتود بربطها بالقطب السالب ل منبع التيار ، ويجب أن يكون الأنود خاملا هنا . ولهذا يستعمل الغرافيت الذى يمكنك الحصول عليه من بطارية قديمة .

يجب استعمال مركب أو عدة بطاريات لمصباح الجيب كى تحصل على التيار اللازم لعملية الطلاء بالكروم . ويمكنك أن تعين بنفسك مدة التجربة والتيار اللازم لها . اسحب القطعة بعد انتهاء العملية ، واغسلها جيدا ، ثم اصقلها حتى اللامعان .

التشغيل أو القولية الغلفانية

ثمة عملية كيميائية كهربائية أخرى تدعى القولية الغلفانية . وهى منتشرة جدا ، وتتلخص فى ترسيب طبقة سميكة من الفلز على

سطح مادة ما يراد الحصول على شكل مماثل تماما لشكلها . وتطبق هذه العملية عندما يكون للقطعة المعدنية شكل معقد جدا يصعب أو حتى يتعذر تقليده بالطرائق العادية المألوفة (بالصب أو بالمعاملة الميكانيكية) . وهكذا تصنع التماثيل أحيانا من النماذج المصنعة لها . استخدمت هذه الطريقة لتحضير عربة أبولو المعروضة فى الواجهة الأمامية لمسرح البولشوى فى موسكو ، وتنسخ بواسطتها من عينة التسجيل القياسية القوالب المعدنية التى تضغط فيها الاسطوانات فتنتطح عليها الأخاديد والقوش بدقة تامة .

حضر محلول الطلاء بالنحاس اذا لم يبق منه شيء من العملية السابقة . خذ قطعة من الشمع أو البارافين واسط سطحها كى يصبح أملس ومستويا بقدر الامكان . اكتب على هذا السطح الأملس اسمك أو ارسم عليه صورة أو زخرفة ما . وتنتصح بكتابة اسمك كى تحصل على طغراء خاصة بك . وتفضل الكتابة بالابرة بشرط ألا تترك خدوشا عميقة . انشر على سطح الصورة بفرشاة ناعمة مسحوقا ناعلا للكهرباء ، وليكن مثالا مسحوق الغرافيت المأخوذ من قلم رصاص عادى ، أو بطارية لمصباح الجيب ، الصق بالسطح المغطى بالغرافيت على طرفى الصورة سلكين رقيقين من النحاس (سيقومان بنقل التيار) واربطهما مع بعضهما البعض . غلق قطعة الشمع فى الكأس المملوء بالالكتروليت ، وغطس فيه الالكترود النحاسى ، ثم كُثِّل السلسلة كما فى حالة الطلاء بالنحاس . وبما أن العملية هنا تختلف عن الطلاء بالكهرباء فى أنها تحتاج الى تيار أضعف بكثير ، ويتراوح من ٥ الى ١٠ ميل أمبير ، لذا يجب وضع

القطعة النقالة على المقاوم المتغير للحصول على التيار المطلوب .
أوصل التيار وانتظر متحليا بالصبر لأن النحاس سيترسب على
السطح في هذه الحالة خلال خمس ساعات على الأقل .
ولكن لا داع أبدا لزيادة شدة التيار بغية تسريع العملية لأن النوعية
ستسوء عندئذ . اقلل التيار واسحب قطعة الشمع من الكأس
ثم اغمسها بحذر في ماء ساخن . عندئذ ينصهر الشمع ، وتبقى
بين يديك الصفحة النحاسية بالشكل الذي أردته . افصل عنها
السلكين النحاسيين ، وتصبح النسخة الدقيقة جاهزة .

والآن تنتقل الى عمل مفيد ، وهو تحضير ميداليات فريدة
من نوعها لن يملكها أحد سواك ، وإذا قمت بصنع عشرين أو
ثلاثين ميدالية منها ، فإنها ستبقى كذكرى عن رحلات أو
مباريات رياضية ...

وهنا سنترك لك الحرية الكاملة في اختيار الرسم الذي تراه
مناسبا ، ولكن ننصحك بالألا تعقد الأمور وأن تختار رسوما
سهلة . اصنع من الكرتون الرقيق طبعة مماثلة للرسم وتعبّر تماما
عن شكله الخارجى . ضع هذه الطبعة على صفيحة رقيقة من
النحاس وقص بموجها العدد الذى ترغب الحصول عليه من
الميداليات . ولكن الطبعة النحاسية تكون ليثة عادة ، ولجعلها صلبة
الى حد ما تغطى بطبقة أخرى من النحاس فى مغطس غلفاني .
وأظن أنه بإمكانك الآن القيام بمثل هذا العمل . واليك بعض
النصائح الخاصة بصنع الميداليات .

اثقب الطبعة فى طرفها بالابر . وأدخل خلال الثقب ملصكا
معدنيا رقيقا . اغسل الطبعة بالماء ونشها ثم امسحها بعد ذلك
بالبنزين . اغسلها مرة أخرى ، وامسكها بالمقسط ، وغطسها

لعدة نصف دقيقة فى محلول مخفف من حمض النتريك
(تركيزه حوالى ٥٪) . وأخيرا اغسلها تحت ماء جار ، ثم علقها
على قضيب معدنى . وأدخلها فى كأس يحوى صفيحتين من
النحاس تقومان بدور الأنود (تقوم الطبعة بدور الكاثود) . املاء
الكأس بالالكتروليت (٢٥ غم من كبريتات النحاس و ١٥ مللم
من حمض الكبريتيك فى كل ١٠٠ ملل من الماء . ويفضل
أن يكون الماء مقطرا) . استعمل كمنبع للتيار مركبا أو محولا
مع مقوم . ويجب أن يبلغ التيار فى السلسلة حوالى ١٠ ميلي
أمبير لكل سنتيمتر مربع واحد . ومن الضروري أن يتراوح
سمك الطبقة النحاسية من ٠.٥ مللم الى ٠.٨ مللم . اغسل
الطبقات بعد انتهاء الطلاء بالنحاس . وإذا أردت أن تكتب
اسمك على الميدالية فاستعن بآبرة لذلك . غط القسم من السطح
الذى لا يراد طلاؤه بالبارافين أو بطبقة رقيقة من الصمغ .
غطس الطبعة فى الالكتروليت ، وأوصل التيار مرة أخرى كى
تتغطى القسم المكشوف بطبقة من النحاس ويصبح نافرا وبارزا .
وبعدا يمكنك أن تنزع البارافين أو الصمغ . انقش على
الميدالية ، اذا استطعت ، أية كتابة تريدها ثم الحم بها ديوسا
من الجهة الخلفية .

وأخيرا يبقى علينا أن نعطي الميدالية شكلا جميلا . ويصلح
لذلك الطلاء الكيمائى أو الطلاء الكهربائى بالنيكل . ولكن
الأفضل أن تبدو وكأنها مصنوعة من الفضة القديمة .

حضر محولا من فترات الفضة تركيزه ٢-٣٪ (يمكن أن يذاب
فى الماء القلم الحارق أو قلم جهنم الذى يباع فى الصيدلية) .
أضف اليه حمض الهيدروكلوريك على دفعات صغيرة ويعدل

ثلاثة أو أربعة حجوم لكل حجم واحد من المحلول . افصل المحلول عن راسب كلوريد الفضة الناتج . اغسل هذا الراسب عدة مرات بالماء المقطر وذلك بسكب الماء عليه بلطف وعلى قضيب زجاجي كحى لا يضعقسما منه . أضف الى الراسب المغسول دفعات صغيرة من محلول يوديد البوتاسيوم ذى التركيز $\frac{1}{30}$ حتى يذوب بأكمله . أضف الماء حتى يعود حجم المحلول الى ما كان عليه فى البداية . ونشير الى أن الالكتروليت هنا يجب أن يعادل الحجم الذى حضر للطلاء بالنحاس . غطس الميديات (ستقوم بدور الكاثود) فى هذا الالكتروليت واستعمل قضباناً من الغرافيت لتقوم بدور الأنود ويفضل أن تأخذها من البطاريات وليس من أقلام الرصاص لأن سطحها يجب أن يزيد قليلا عن سطح الميديات . ويجب أن تكون شدة التيار حوالى ١ ميلى أمبير/سم² .

وهكذا يتغلى سطح الميديات بطلاقة من الفضة وتظهر جديدة . ولكن ليس من الصعب تسويدها وجعلها تبدو وكأنها مصنوعة من فضة قديمة ... سخن محلولاً مائياً من كبريتيد البوتاسيوم تركيزه ٠,٥ - ١٪ حتى الدرجة ٥٠° م . ففى هذا المحلول يتغير لون الميديات تدريجياً فهى تصبح رمادية فى أول الأمر ثم تزرق وتسد فى النهاية . اغسل الميديات بعد ذلك وامسحها بقطعة من الجوخ . عندئذ تبيض الأقسام النافرة أو البارزة منها وتبقى الأقسام الأخرى سوداء اللون . وهكذا تظهر الميديات وكأنها مصنوعة من فضة قديمة .

غشاء العتق النبيل

نعلنا ان نكسب الفضة بطريقة سريعة سواداً جميلاً . والآن سنحاول بالسرعة ذاتها الحصول على غشاء العتق النبيل . من المعروف أن القطع النحاسية والبرونزية تتغلى تدريجياً فى الهواء الرطب بغشاء أخضر . فالسمعدات والساعات النحاسية القديمة والشمائل البرونزية المنصوبة فى الساحات العامة تخضر وتسد . ويتكون عليها غشاء يدعى غشاء العتق النبيل وهو يقدر عالياً عند هواة الفن .

ويتطلب تشكل غشاء العتق وقتاً طويلاً يمتد سنوات عديدة يقوم أثناءها الهواء الرطب والحاوى على ثانى أكسيد الكربون بالتأثير على السواد النحاسية والبرونزية ، فتتكون عندئذ طبقة من كربونات النحاس القاعدية التى يشبه تركيبها تركيب معدن المالاشيت المشهور . وليس بإمكاننا تحضير هذا المعدن لأنه يستحيل علينا أن نقلد تماماً بنيتة البلورية المتراسة . ولكن صنع غشاء العتق لن يستغرق سوى دقائق معدودات ، وفى أقصى حد ، ساعة أو ساعتين .

اربط قطعة صغيرة من النحاس بسلك طرفاه عازيان . امسح سطحها ، كما فعلت سابقاً أكثر من مرة ، بورق صنفرة ثم ضعها فى محلول ساخن من صودا الصبيل اغسلها بالماء وغطسها بعد ذلك فى محلول ضعيف من الخل وذلك لمنع أكسدها قبل الأوان .

والآن حضر الالكتروليت بأخذ ملعقتين صغيرتين من كلوريد الأمونيوم فى كأس من الماء . اسحب القطعة النحاسية من محلول الخل بالملقط ودون أن تلمسها بيديك . اغسلها تحت ماء جار ،

وغطسها في محلول الالكتروليت. أوصل السلك بالقطب الموجب للبطارية ، وأوصل قطبها السالب بالكثود نحاسي عبارة عن صفيحة نحاسية ليس من الضروري أن تنظف جيدا . وسرعان ما يغطي الكاثود ، أي القطعة التي يراد طلاؤها بغشاء العتيق ، بطبقة حمراء بالرغم من أننا كنا ننتظر اللون الأخضر . ولكن أرجوك أن تتمهل قليلا ولا تسبق الحوادث . اسحب القطعة بعد عشر دقائق دون أن تلمسها بيدك وضعها بحيث ينساب الماء منها دون أن يندش سطحها . وأفضل وضع هو أن تعلق بسبك ، وستلاحظ بعد ساعة من الزمن أن الطبقة الحمراء تصبح خضراء اللون . فهذا الغشاء الأحمر الذي كان يغطي النحاس قد تحول الى غشاء أخضر شبيه بلون المالاكيت . ويمكن تحقيق نجاح أكبر في هذا المجال عندما يقوم محلول للنشادر تركيزه حوالي ٢٥٪ بدور الالكتروليت . ولكن يجب اجراء التجربة في هذه الحالة تحت نافذة سحب الغازات أو في الهواء الطلق لأن محلول النشادر المركز ذو رائحة واذرة واحدة . علق قطعة النحاس بحيث يبقى قسم منها فوق الالكتروليت . عندئذ يبقى القسم المغمور منها في الالكتروليت أحمر اللون ويغطي القسم الواقع في الهواء خلال ساعة من الزمن بطبقة زرقاء مخضرة تشبه كثيرا غشاء العتيق الطبيعي . ولا تجوز هنا زيادة التيار بقصد اجراء التجربة بأسرع وقت ممكن : إذ أن طبقة كربونات النحاس القاعدية تزداد متانة كلما جرت العملية ببطء . ومع ذلك ، فالساعات لا تقاس بالسنوات ، ومثانة طبقتنا هذه أقل بكثير من مثانة غشاء العتيق الطبيعي (وان كانت لا تقل عنه جمالا) . والمحافظة عليها تطلو بطلاء شفاف عديم اللون .

الزجاج والمينا

تغطي الميديايات وأدوات الزينة المختلفة والكثير من الأواني المنزلية بالمينا وهي زجاج مطلق على المعدن . وسنحاول هنا الحصول على الزجاج ، ويحتاج ذلك الى فرن خاص ، مما يجعل صنعه في البيت أمرا متعذرا ، أضف الى ذلك أن عملية الصنع هذه تتطلب توفر الخبرة الجيدة في التعامل بالصهر الباخنة مما يستدعي اجراؤها تحت اشراف الاستاذ . يصنع الزجاج في المصانع والمخابر الكيميائية من مزيج جاف ومخلوط جيدا من مساحق أملاح وأكاسيد ومركبات مختلفة . فعند تسخين هذا المزيج في الفرن حتى درجة حرارة عالية تزيد في كثير من الأحيان عن ١٥٠٠° م ، تنفكك الأملاح متحولة الى أكاسيد تتفاعل فيما بينها مكونة سيليكات وبورات وفوسفات ومركبات أخرى تكون ثابتة في درجات الحرارة المرتفعة . وهذه المركبات مجتمعة تشكل الزجاج . وسنقوم الآن بتحضير ما يسمى بالزجاج سهل الانصهار . إذ يكفي لذلك الفرن الكهربائي الموجود في المخبر والذي تصل درجة حرارة التسخين فيه الى ١٠٠٠° م . وسنحتاج هنا الى بواتق وملاقط وصفيحة مستوية صغيرة من الحديد أو الفولاذ . سنحصل على الزجاج أولا ثم سنبحث عن تطبيقات له . اخلط بالملاقط على ورقة ١٠ غم من رباعي بورات الصوديوم (البورق) و ٢٠ غم من أكسيد الرصاص و ١,٥ غم من أكسيد الكوبلت (يجب أن تختل هذه المواد قبل خلطها) . وهذا هو المزيج الذي سنصنع منه الزجاج . انقل هذا المزيج الى بوتقة صغيرة واجمعه بالملاقط بحيث يأخذ شكل مخروط تقع قمته في

مركز البوتقة . ويجب أن يحتل المزيج المرصوص حجما لا يزيد عن ثلاثة أرباع البوتقة . وعندها لن ينسكب الزجاج المصهور الى خارج البوتقة . انقل البوتقة بالملقط الى داخل الفرن الكهربائي المسخن حتى الدرجة ٨٠٠ - ٩٠٠°م وانظر حتى ينصهر المزيج كله ، ويمكنك الحكم على ذلك من الفقاعات التي تنطلق أثناء التسخين : فانقطاع انطلاق الفقاعات يعني أن الزجاج أصبح جاهزا . اسحب البوتقة ، بالملقط طبعاً ، من الفرن واسكب الزجاج المصهور فوراً على صفيحة الحديد أو الفولاذ ذات السطح النظيف والمستوى . وبشكل الزجاج بعد أن يبرد طبقة شفافة لونها أزرق بنفسجي .

والحصول على زجاج ذي ألوان أخرى يكفى ان يستبدل أكسيد الكوبلت بأكاسيد ملونة أخرى : فمثلاً يكون أكسيد الحديد ثلاثي التكافؤ (١ - ١,٥ غم) الزجاج بلون بني وبلونه أكسيد النحاس ثنائي التكافؤ (٠,٥ - ١ غم) بلون أخضر . ويكسبه المزيج المؤلف من ٠,٢ غم من أكسيد النحاس و ١ غم من أكسيد الكوبلت و ١ غم من أكسيد الحديد ثلاثي التكافؤ لونا أسود . وإذا صنعنا المزيج من حمض البوريك وأكسيد الرصاص فقط حصلنا على زجاج شفاف وعديم اللون . جرب بنفسك أن تحصل على زجاج من أكاسيد أخرى كأكسيد الكروم أو المنجنيز أو النيكل أو القصدير .

اسحق الزجاج بالمدة في هاون من الخزف (ضع قفازات على يديك وغط الهاون بقطعة قماش نظيفة كي لا تتطاير الشظايا منه) . افرش مسحوق الزجاج الناعم الذي حصلت عليه على زجاج سميك وأضف إليه قليلاً من الماء ثم افركه جيداً حتى

تحصل على مزيج لزج . مستخدماً لذلك قرصاً من الزجاج أو الخزف مزوداً بمسك أو قطعة من حجر الغرانيت أو الرخام المضغوط جيداً . وهكذا كان الحرفيون في الماضي يفركون الدهانات . وستستعمل الكتلة الناتجة لطلاء سطح الألومنيوم ، وبالطريقة ذاتها تقريباً التي تتبع عند تحضير الحلي وأدوات الزينة .

نظف سطح الألومنيوم بورق صنفرة ثم انزع الدهن عنه بغليه في محلول الصودا . ارسم عليه بالابرة أو المشرط (المبضع) شكلاً ما . غط هذا السطح بالمزيج بواسطة فرشاة عادية وجففه على اللهب ، ثم سخنه على اللهب نفسه حتى ينصهر الزجاج على المعدن ، فتحصل بذلك على المينا . وإذا كانت القطعة صغيرة فانه يمكن طلاؤها دفعة واحدة . أما إذا كانت كبيرة ، فيجب تقسيمها الى قطاعات تغطي الواحد تلو الآخر . ومن الممكن إعادة طلاء الزجاج كي يشتد لون المينا . ولا تقتصر هذه الطريقة على صنع أدوات الزينة ، وإنما تستعمل للحصول على طلاء أمين من المينا يحمي قطع الألومنيوم في مختلف الأجهزة . وبما أن المينا تتحمل في هذه الحالة عبثاً اضافياً ، لذا يفضل أن يطل سطح المعدن بعد تنظيفه ونزع الدهن عنه بطبقة متينة من أكسيده . ويكفى لهذا الغرض أن يترك المعدن مدة تتراوح من خمس الى عشر دقائق في فرن درجة حرارته أقل بقليل من ٦٠٠°م .

وبفضل ، عندما تكون القطعة كبيرة ، أن يطل سطحها بالبرذاذ (أو الرشاشة) وليس بالفرشاة . وعندها تجفف في خزانة

التجفيف في الدرجة ٥٠ - ٩٠° م ، ثم تنقل الى فرن كهربائي
تصل درجة الحرارة فيه الى ٧٠٠ - ٨٠٠° م .

ويمكن أن تصنع من الزجاج سهل الانصهار صفائح
ملونة تستعمل في أعمال الخزف . حذ قطعاً من وعاء خزفي
مكسور وغطيتها بطبقة رقيقة من المزيج . جفف هذه القطع في
درجة حرارة الغرفة أو في خزانة التجفيف ثم انقلها الى فرن
كهربائي لا تقل درجة الحرارة فيه عن ٧٠٠° م وذلك لصهر
الزجاج على الصفائح .

وبعد أن أثقت هذا العمل يمكنك أن تساعد زملاءك في
حلقة البيولوجيا حيث يقومون في بعض الأحيان بتحنيط الحيوانات
ويحتاجون عندئذ الى عيون مختلفة الألوان ...

اصنع في لوح من الفولاذ سمكه حوالي ١,٥ سم عدة
تجاويف مختلفة الحجم وعلى أن يكون قعرها مخروطياً أو
كروياً . اصهر بالطريقة السابقة عدة أنواع من الزجاج ذات
ألوان مختلفة . وتوفر لديك الآن مجموعة من الألوان يمكنك
أن تتحكم بشدةها بزيادة أو خفض نسبة المادة الملونة في
المزيج .

ضع قطرة صغيرة من الزجاج المصهور في التجويف ثم
اسكب فيه زجاجاً لونه كلون قزحية العين . أما قطرة الزجاج
المصهور ، فتدخل ضمن الكتلة الزجاجية الأساسية دون أن
تتمزج معها وتشكل حدقة العين . وهكذا نكون قد حضرنا
نموذجاً للعين . يبرد «العين» ببطء دون أن تسمح بحدوث انخفاض
حاد في درجة الحرارة . ولتحقيق ذلك تسحب «العين» المتجمدة
والتي لا تزال ساخنة بعد من القوالب بواسطة ملقط ساخن وتحاط

بقطع من الاسبتوس وتترك على هذا الوضع لتبرد حتى درجة
حرارة الغرفة :

وطبيعي أنه يمكن العثور على تطبيقات أخرى للزجاج سهل
الانصهار ولكن أليس من الأفضل أن تفتش عنها بنفسك ؟
وفي ختام تجاربنا على الزجاج ، سنستعين بالفرن الكهربائي
الآنف الذكر وسنحاول تحويل الزجاج العادي الى زجاج ملون .
والسؤال الطبيعي الذي يطرح نفسه هنا هو : أ لا يمكن بهذه
الطريقة صنع نظارات شمسية ؟ نعم ، يمكن ذلك ، ولكن لا
اظن أنك ستنجح من أول مرة ، لأن العملية دقيقة وتتطلب خبرة
كافية . ولهذا أتصحك بأن تحاول ذلك بعد أن تتمرن جيداً
على قطع من الزجاج وتؤكد من أن النتيجة ايجابية فعلاً .

وسنستعمل القلوية كمادة لتلوين الزجاج وقد قمت سابقاً
بتحضير المجففات للدهانات الزيتية من الراتينات وأملاح
الأحماض التي تدخل في تركيب القلوية . وسنستعين مرة أخرى
بالراتينات لأنها تشكل على الزجاج طبقة رقيقة متساوية ، وتقوم
بدور الحامل للمادة الملونة .

أذب بحذر في محلول من هيدروكسيد الصوديوم تركيزه
حوالي ٢٠٪ قطعاً من القلوية مع التحريك المستمر حتى يصبح
لون السائل أصفر غامقاً . وبعد الترشيع أضف قليلاً من محلول
كلوريد الحديد $FeCl_3$ أو أى ملح آخر للحديد ثلاثي التكافؤ .
وانتبه الى أن تركيز المحلول يجب أن يكون صغيراً ولا يجوز أن
تؤخذ كمية زائدة من الملح لأن الراسب من هيدروكسيد الحديد
الذي يتكون في هذه الحالة يعيق العملية حتماً . أما اذا كان
تركيز الملح صغيراً ، فيتكون راسب أحمر من راتينات الحديد ،
وهي المادة التي نحتاجها .

صلصال من صنعك

لعمل حمض الأوليك $C_{17}H_{33}COOH$ هو المادة الوحيدة غير المتوفرة كثيرا واللازمة لصنع الصلصال . وأظن أنه يوجد في مخبر المدرسة (وعلى كل حال ، فهو حمض واسع الانتشار ، ويدخل في تركيب جميع الدهون تقريبا) . وسنحضر منه ملحاً هو أوليات الزنك : نخذ ٢٥ جزءاً (بالكتلة) من حمض الأوليك المسخن وأضف إليها على دفعات صغيرة ٥ أجزاء من أبيض الزنك الجاف بحيث تضاف كل دفعة بعد زوال الرغوة الناجمة عن إضافة الدفعة السابقة . وإذا لم تتمكن من الحصول على أبيض الزنك فبإمكانك لأن تستعمل عوضاً عنه الصابون العادي . وعندئذ تحصل على أوليات الكالسيوم ولكن نوعية الصلصال ستكون أسوأ منها في الحالة الأولى . أضف ، مع التحريك المستمر ، إلى الأوليات الناتجة ١٨ جزءاً من مزيج من كمييتين متساويتين من زيت وشمع ، ولتحضير هذا المزيج يصهر الشمع ثم يضاف إليه مع التحريك المستمر زيت سائل ، كزيت الفازلين مثلاً ، وتؤكد مرة أخرى إلى ضرورة تحريك جميع المكونات تحريكاً جيداً ، لأن نوعية الصلصال الجاهز تتوقف كثيراً على ذلك . ويفضل أن يستعمل هنا شمع طبيعي أو شمع النحل ، وفي أسوأ الحالات يمكن أن يستبدل الشمع بالاستيارين (ولا يجوز استعمال البارافين هنا أبداً) . وقد عرضنا سابقاً كيف أن الاستيارين يحضر بسهولة من صابون الغسيل . وبعد أن يصبح مزيج الأوليات والزيت والشمع (أو الاستيارين) جاهزاً ، أضف إليه ٢٣ جزءاً من مسحوق ناعم من الكبريت (يمكن شراؤه في الصيدلية) و ١٥ جزءاً من غصنار ناعم جاف

رشح الراسب الأحمر وجففه في الهواء ثم أذبه حتى الاشتباع في البنزين العضوي (وليس بنزين السيارات) ومن الأفضل طبعا أن يذاب في الهكسان أو إثير البترول . ادهن سطح الزجاج بطبقة رقيقة من هذا المحلول مستخدماً الفرشاة أو المرذاذ واتركه لييجف ثم ضعه لمدة تتراوح من خمس إلى عشر دقائق في فرن مسخن حتى الدرجة ٦٠٠°م تقريباً . ولكن القلفونية تنتمي إلى المواد العضوية ولا تتحمل مثل هذه الدرجة العالية . والحقيقة أننا ننوي ذلك ونريد أن يحترق الجزء العضوي منها . وعندئذ يبقى على الزجاج طبقة رقيقة جداً من أكسيد الحديد تلتصق جيداً على سطحه . وبالرغم من أن هذا الأكسيد ليس شفافاً بوجه عام ، إلا أن هذه الطبقة الرقيقة جداً منه تسمح بمرور قسم من الأشعة الضوئية ، وهذا يعني أنها تقوم بعمل المرشح الضوئي .

وقد تبدو لك الطبقة الواقية من الضوء اما عاتمة جداً أو فاتحة جداً . عندئذ يمكن التحكم بشروط التجربة : اذ يمكن رفع أو خفض تركيز محلول القلفونية وتغيير مادة الحرق ودرجة حرارته . وإذا لم يعجبك لون الزجاج الناتج ، فبإمكانك أن تستبدل كلوريد الحديد بكلوريد الفلز آخر لا بد أن يكون أكسيده ملوناً بلون ساطع (ككلوريد النحاس أو كلوريد الكوبلت مثلاً) .

وبعد أن تتقن هذه العملية على قطع من الزجاج يمكنك دون مجازفة أن تحول النظارات العادية إلى نظارات شمسية . ولاتنس هنا أن تسحب الزجاج من الاطار لأن الاطار البلاستيكي ، كالبجزة العضوي من القلفونية ، لا يتحمل التسخين في الفرن :

منخل و ٤ أجزاء من صباغ معدني ما ، مثلا أكسيد الحديد Fe_2O_3 ، الذي تعرف كيفية تحضيره (لا تنس أن التحريك الشديد والمستمر أمر ضروري هنا) . اخلط جيدا المزيج الناتج واسطه على لوح من الخشب أو المعدن . ويكون الصلصال جاهزا عندئذ . والعيب الوحيد هنا هو أن أوليات الزنك ذات رائحة كريهة ، ولكن يمكن التغلب على ذلك بإضافة عدة قطرات من عطر ما أو من الكولونيا أثناء خلط المواد الأصلية .

لنفضض المرأة !

هل هذا أمر ممكن ؟ فالمرأيا تفضض في معامل وورشات خاصة . وهذه حرفة قديمة العهد لها أسرارها وتقاليدها . وليس من السهل صنع مرآة جيدة . ومع ذلك ، فسنحاول . وطبعي أن تحضير سطح المرآة ليس صعبا . فتفاعلي «المرآة الفضية» يجري في المدرسة أثناء درس الكيمياء . ولكن لن نحصل عندها على مرآة جيدة ، بل سيلعب السطح قليلا ، وينتهي الأمر . وهذا ليس هدفنا ، وإنما نريد أن نصنع مرآة حقيقية . وسنحصل عليها حتما بشرط أن نعمل بدقة وننفذ جميع التعليمات .

وفيما يلي ملاحظة هامة : استعمال هنا ماء مقطرا فقط ، ونخل مسحوق أكسيد الحديد ثلاثي التكافؤ المحضر خصيصا لذلك خلال منخل ذي ثقب ضيقة ثم امزج المسحوق الناعم بالماء المقطر . وفي حال عدم توفر أكسيد الحديد لديك يمكنك أن تشتري أي سائل تلميع آخر . ضع الزجاج المستوي

الذي تزيد تفضيضه على الطاولة ، تأكد من استواء سطح الطاولة ، واجعله أفقيا تماما . لا تأخذ قطعة كبيرة من الزجاج وإنما ابدأ بقطعة صغيرة . ولكي لا يتحطم الزجاج صدفة حاول أن تغطي سطح الطاولة بقطعة قماش قديمة .

اسكب سائل التلميع على الزجاج ، وافركه بحركة دائرية بواسطة قطعة من اللباد أو الجلد الناعم . امسح الزجاج بشاش مبلل بمعلق من خفان ناعم في الماء اغسله مرة أخرى بالماء المقطر وامسحه بشفنجة رطبة ثم بقطعة من الشاش مبللة بمحلول من كلوريد القصدير تركيزه ١٥٪ اغسله مرة ثانية ثم امسحه بقطعة قماش جافة . وبهذا تنتهي عملية تهيئة الزجاج . وهي عملية هامة جدا تتوقف عليها جودة المرآة .

يجب تفضيض هذا السطح حالا . وإذا لم تتمكن لسبب من الأسباب من تحضير محلول التفضيض ، فما عليك إلا أن تغسل الزجاج في ماء مقطر دافئ ولا يجوز سحبه منه الا بعد أن يكون كل شيء جاهزا . وبالمناسبة ، فإن هذه العملية مفيدة في كل الحالات : إذ من الأفضل أن تكون درجة حرارة الزجاج أعلى بثمان إلى عشر درجات مئوية من درجة حرارة محلول التفضيض . يجب لبس القفازات أثناء تحضير هذا المحلول . وهو يحضر بمزج محلولين يحضر كل منهما على حدة . وسنبين كميات المواد اللازمة لتحضير ليتر واحد من هذا المحلول ، ويبقى عليك أن تعين بنفسك حجم المحلول اللازم لك . المحلول الأول : ٤ غم من نترات الفضة ، و ١٠ ملل من محلول النشادر ذي التركيز ٢٥٪ ، و ٤ غم من هيدروكسيد الصوديوم . وستتبع تريبا غير مألوف في تحضير المحلول : أذب

نترات الفضة كلها في ٣٠٠ ملل من الماء واسكب تسعة أعشار المحلول في كأس نظيف وأضف إليها نقطة فنقطة من محلول الشادر مع تحريك السائل باستمرار بقضيب زجاجي وسيصبح السائل العكر شفافا أكثر فأكثر الى أن يختفي اللون في نهاية الأمر . أضف اليه قليلا من نترات الفضة فيصبح المحلول عكرا من جديد . أضف محلول هيدروكسيد الصوديوم فيصبح لون المحلول عندئذ بنيا فاتحا . أضف مجددا نقطة فنقطة من محلول الشادر فيصفي المحلول عندئذ ويبدو الآن مزرقا قليلا . أضف ما تبقى من محلول نترات الفضة ثم اخلط المزيج جيدا وأكمل الحجم بالماء المقطر حتى الليتر . ولا يجوز حفظ هذا المحلول في اثناء مفتوح ، بل ينبغي أن يحفظ في زجاجة ذات سدادة .

المحلول الثاني : يلزم لتخضير ليتر واحد منه ما يلي : ١٠٠ غم من السكر و ١٠ ملل من حمض الكبريتيك أو النترك المخفف (حوالي ١٠٪) . أذب السكر مسبقا في ماء مقطر ثم أضف الحمض . اغل المحلول ربع ساعة ، ثم أكمل الحجم بالماء حتى الحجم المطلوب .

امزج المحلولين وذلك بأخذ ١٠٠ ملل من المحلول الأول (الحاوي على نترات الفضة) لكل مليون واحد من المحلول الثاني (الحاوي على السكر) . ويفضل أن تختار النسبة الدقيقة أثناء التجربة : فإذا أخذ فاقص من المحلول السكري ظهرت ندب وترسبات أثناء التفضيض . وإذا كان هذا المحلول غير كاف ، جرى التفضيض ببطء شديد : اخلط المزيج الناتج جيدا وبسرعة فيصيح في البداية أحمر برتقالي ثم يسود ، وهذه إشارة الى أن

الوقت قد حان للشروع في عملية التفضيض . ولا يجوز التمهيل عندئذ . اسكب المزيج فوراً على الزجاج فينتشر على سطحه ، ويصبح الزجاج عاتما ولا يلبث أن يصفو بعد ذلك وتكون عليه طبقة من فاز الفضة التي تختزل من النترات . وبعد خمس أو عشر دقائق اسحب المزيج من على سطح الزجاج بالنش مستخدما قطعة من الشاش أو من جلد الغزال مبللة بالماء المقطر . اسكب دفعة جديدة من المزيج على السطح وانتظر ربع ساعة أخرى . اغسل السطح المفضض بالماء المقطر . وإذا ظهرت عليه بقع عاتمة وجب فركها بالخفاف ثم بمحلول كلوريد القصدير رباعي التكافؤ وبعد ذلك يسكب المزيج في عليها وتغسل في نهاية الأمر بالماء .

وللتأكد من أن الفضة قد ترسبت الى حد كاف على الزجاج ، يؤخذ مصباح كهربائي استطاعته ٦٠ فولطا ويوضع أمام المرأة ، فإذا بدا باهتا جدا من خلال الزجاج المفضض ، دل ذلك على صحة العملية .

ورنى الآن لم تلصق الطبقة الفضية على الزجاج بشكل متين . ولتثبتها جيدا ، تسخن المرأة وهي في وضع عامودي لمدة ساعة أو ساعتين في الدرجة ١٠٠ - ١٥٠° م ، ويتم ذلك إما في خزانة التجفيف وعند الاقتضاء يمكن وضعها في فرن المطبخ بشرط ألا يكون ساخنا جدا . وبعد أن تبرد المرأة تغطي الطبقة الفضية بطلاء شفاف مقاوم للماء . ويستعان لذلك بالمرذاذ ، ولا يجوز استعمال الفرشاة لأنها تخدش السطح . وبعد أن يجف الطلاء يدهن سطحه بطبقة سميكة من دهان غير شفاف أو طلاء بيتوميني أسود . ويراعى هنا أن تكون حركة الفرشاة أو

مسار التيار المنطلق من المرذاذ في اتجاه واحد : اما من الأعلى الى الأسفل أو من اليسار الى اليمين .

الآن أصبحت المرأة جاهزة تقريبا . ولم يبق سوى أن ننظف الجانب غير المنفض منها ، فقد تسقط عليه بقع من الفضة يمكن إزالتها بقطعة من القطن مبللة بمحلول ضعيف من حمض الهيدروكلوريك وإذا توسخت يدك من جراء ذلك ، فما عليك إلا أن تمسحها بمحلول فاتر من الهيبوسولفيت (تحت الكبريت) ثم تغسلها جيدا بماء فاتر .

وهل استهلك كثير من الفضة على تحضير المرأة ؟ وما هي كمية الفضة في هذه المرأة ؟ يبدو هذان السؤالان بسيطين ، ولكن الاجابة عنهما ليست بالأمر السهل . إذ أن طبقة الفضة على المرأة رقيقة جدا بحيث لا يمكن قياسها حتى بمقياس ميكرومتر دقيق ...

ولكن لا تخرب مرآة جيدة ، خذ قطعة من مرآة مكسورة وانزع عنها طبقة الطلاء والدهان بقطعة من القطن مبللة بالأسيتون ثم ضع على السطح المنفض بلورة صغيرة من اليود ، فتتغير بسرعة في درجة حرارة الغرفة ، وتنساب أبخرتها الى السطح لأنها أثقل من الهواء . غط البلورة بكأس مقلوب كي لا يتحكم بها تيار الهواء .

يتكون يوديد الفضة أثناء تفاعل اليود مع الفضة وتنسبط ببطء حول البلورة بقعة شفافة : فاليوديد يكون شفافا في طبقة رقيقة . ولا تزول طبقة الفضة عند طرف البقعة الشفافة ولكنها تنحف وترق . وفي النتيجة تظهر على المرأة حلقات ملونة تظهر جيدا في الضوء المتعكس عنها . تبدو الحلقات ملونة كما تبدو فقاعات الصابون

ملونة في الهواء وبقع الزيت ملونة الى سطح الماء . والسبب واحد في هذه الحالات ، وهو ظاهرة تسمى بتداخل الضوء في الطبقات الرقيقة وتدرس في دروس الفيزياء وما يهمنا هنا هو ما يلي : يزداد سمك الطبقة الفضية كلما ازداد عدد الحلقات : فإذا كانت هناك حلقتان فقط بلغ سمك الطبقة حوالي ٠.٠٣ ميكرون ويبلغ السمك ٠.٠٦ ميكرون عند ظهور ثلاث حلقات و ٠.٠٩ ميكرون عند ظهور أربع حلقات و ٠.١٢ ميكرون عند تشكل خمس حلقات و ٠.١٥ عند تشكل ست حلقات و ٠.٢١ ميكرون عند تشكل سبع حلقات . وبمعرفة سمك الطبقة الفضية يسهل حساب كمية الفضة المستهلكة . إذ يكفي ان نضرب السمك بسطح المرأة ثم نضرب الحجم الناتج بكثافة الفضة (١٠.٥ غم/سم^٣) .

واليك الدليل التالي الذي يعينك على التأكد من صحة حساباتك : تحتوى مرآة مساحتها حوالي المتر المربع الواحد على كمية من الفضة تزيد قليلا عن غرام واحد .

مهارة اليدين

ثمة أشياء ومواد كثيرة تحيط بنا وتبدو عادية جدا وليس فيها ما يستحق الاهتمام . ولكنها كثيرا ما تتصف بخواص غريبة . وما علينا الا أن نحاول اكتشافها وملاحظتها . فالمعلقة الألومنيوم ، تستطيع تقويم تيار متناوب . وعود الثقاب يمكن أن يشعل مضباجا كهربائيا ، وقطعة السكر تقدح الشرارة ومسحوق البرمنجنات ينظف الطنجرة حتى اللمعان . ولكن تنفيذ ذلك يتطلب معرفة خواص هذه المواد واستغلالها جيدا . وبعبارة أخرى ، فلا بد من توفر المهارة والخبرة معا . وليس في هذا الأمر أية خدعة أو احتيال كما كان يردد المشعوذون في قديم الزمان .

والآن سنقوم بإجراء ألعاب سحرية ، ولكنها ، خلافا لما تظنون ، ألعاب كيميائية جدية الغرض منها هو التسلية أحيانا ، أو ، وهذا ما يحدث في أغلب الأحيان ، عرض بعض الظواهر الغريبة ، وتحضير بعض المواد غير الطبيعية .

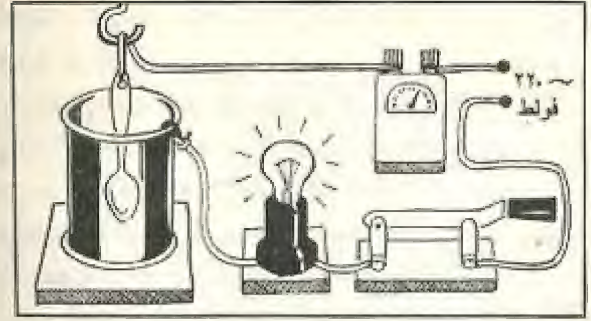
المعلقة مقوم

نصلح لهذه التجربة أية ملعقة من الألومنيوم سواء أكانت كبيرة أم صغيرة . ويجب تنظيفها جيدا ونزع الدهن عنها . وهذا ما تعرفونه جيدا من التجارب الخاصة بأتودة الألومنيوم . وستكون المعلقة أول قطعة في مقوم التيار الجديد . أما القطعة

الثانية ، فستكون مؤقتا علبة كوتسروة فارغة ارتفاعها كارتفاع المعلقة أو أقل بقليل .

اغسل العلبة جيدا بالصابون أو بمسحوق الغسيل . اشطفها بالماء ثم املاها بالمحلول المخصص لأتودة الألومنيوم : ٢٠ ملل من حمض الكبريتيك (كن حذرا أثناء التعامل به) لكل ١٠٠ ملل من الماء . ويمكن استبدال الحمض بكمبونات الألومنيوم و $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ (١٠ غم) أو بصودا الخبيز في أقصى الحالات ، وبشرط أن تذاب في الماء حتى الاشباع . ويجب استعمال الماء البقطر هنا . كما ويصلح ماء المطر النقي لهذا الغرض أيضا . وقبل أن تضع المعلقة في العلبة ، عين تقريبا الجزء الذي سينغمز منها في المحلول وذلك لأن الألومنيوم يذوب بشدة ، على السطح الفاصل بين المحلول والهواء ، ويمكن أن تنقسم المعلقة في هذا المكان الى قسمين . وللحيلولة دون ذلك ، تطلي المعلقة في ذلك المكان بطلاء أو صمغ لا يتأثر بالماء .

والآن علق المعلقة في العلبة بشرط ألا تلمس الجدران . أما كيفية تعليقها ، فبإمكانك أن تعدها بنفسك . ضع العلبة على بلاطة من البورسلين ، أو على أية قطعة أخرى لا تنقل التيار الكهربائي . وهنا سنستعمل التيار الكهربائي المتناوب عوضا عن البطاريات أو المركبات . وعليه يجب اتخاذ الاحتياطات اللازمة : اذ يجب عزل النهايات العارية من الأسلاك عزلا جيدا ، ولا يجوز لمس المعلقة أو العلبة أثناء التجربة . والأفضل أن نغطي العلبة قبل وصل التيار بصندوق خشبي أو سطل البلاستيك . والدائرة الكهربائية بسيطة هنا وتشمل مصباحا استطاعته حوالي ٤٠ أو ٦٠ فولطا ومفتاحا كهربائيا والمعلقة والعلبة وتربط جميعها



على التسلسل . ويمكن ادخال مقياس الأمبير متر في الدارة في حال وجوده . ويوصل التيار بعد اعداد الدارة والتأكد من سلامة العزل الكهربائي فيها .

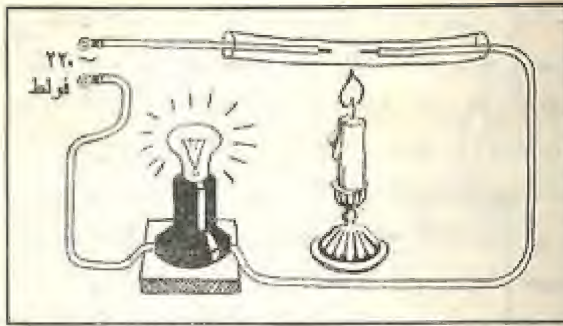
يشعل المصباح في بادئ الأمر لأن المحلول الموجود في العلية ناقل للتيار الكهربائي . ولكن ضوءها يضعف بعد نصف ساعة ، ولا يلبث أن يختفي نهائيا . وعندها تكون الملعقة قد أصبحت مقبوا للتيار يسمح بمروره في اتجاه واحد فقط : من العلية الى الملعقة . ويمكنك التأكد من ذلك بسهولة اذا كانت لديك مرسمة للتذبذبات اذ تظهر على شاشتها في بداية التجربة موجة جيبيه يزول فرعها السفلى في النهاية : وهذا يعنى أن تيارا نابضا يسرى في الدارة . وتساعدنا مرسمة التذبذبات على تعيين القطبين الموجب والسالب للمقوم (وهذا أمر هام جدا عندما تنوى استخدام هذا المقوم في تجارب كيميائية كهربائية) . ويمكننا تعيين قطبية المقوم دون اللجوء الى مرسمة التذبذبات . اذ تكفى لذلك

قطعة من ورقة ترشيح مبللة بمحلول ملح الطعام مضافا اليه دليل الفينولفتالين .

اقفل التيار ، واربط ورقة الترشيح بالملعقة والعلبة بواسطة ملاقط غسيل بلاستيكية . افتح التيار . ولاحظ بعد عدة دقائق أن ورقة الترشيح ستحمر عند أحد الطرفين (الملعقة أو العلية) . ويكون هذا الطرف هو القطب السالب . ويفسر ذلك بأنه أثناء التحليل الكهربائي للماء (وملح الطعام ضرورى فيه لزيادة التاقلية الكهربائية فقط) ينطلق الهيدروجين على الالكترود السالب (الكاتود) وتبقى الايونات OH^- بكمية زائدة في المحلول حيث تكسبه خواص قلبية وتجعل دليل الفينولفتالين يحمر عندها .

ويمكن الاستفادة من تجربة الورقة المبللة بالمحلول الملحي والفينولفتالين عندما نريد تعيين قطبي مركم أو بطارية . وبما أن جهد التيار صغير هنا ، فانه لا خطر من مسك الورقة باليدين ووصلها بقطبي المركم .

ولكن ، ما هو السبب الذى جعل ملحقة الألومنيوم تصبح مقبوا ؟ بعد وصل التيار تتكون عليها ، كما في حالة أنودة الألومنيوم ، طبقة من أكسيد الألومنيوم . وهذه الطبقة عبارة عن نصف ناقل (شبه موصل) ، أى أنها تسمح بمرور التيار في اتجاه واحد فقط . وكثيرا ما يستفاد من هذه الخاصية في الصناعة : يمكن اجراء بعض التجارب الكيميائية الكهربائية الواردة في هذا الكتاب بالاستعانة بمقوم من صنعك . ولكن شروط التجربة تقضى بأن يوصل المقوم بمحول خافض . ولا يجوز أن



يشت الانبوب عليه . والآن انتهى الاعداد للتجربة ، وبامكانك أن تضع الفيشة في المقبس (المأخذ) . وسترى أن المصباح لن يشتعل طبعاً .

قرب الى الانبوب في المكان الفاصل بين الألكترودين عود ثقاب مشتمل . فإذا كان زجاج الانبوب سهل الانصهار فانه يتلين قليلاً ويتقوس الانبوب قليلاً . وعندها يشتعل المصباح بالرغم من أن الدارة لا تزال مفصولة كما في السابق . ويعزى سبب ذلك الى أن الأملاح الداخلة في تركيب الزجاج تتأين أثناء التسخين ويضيق الزجاج عندئذ ناقلاً للكهرباء .

وإذا لم تنجح التجربة لكون الانبوب عريضاً ، فانه يمكن الاستعاضة عن عود الثقاب بشمعة أو مصباح كحولي . فاشعال المصباح الكهربائي بشمعة عملية مثيرة أيضاً :

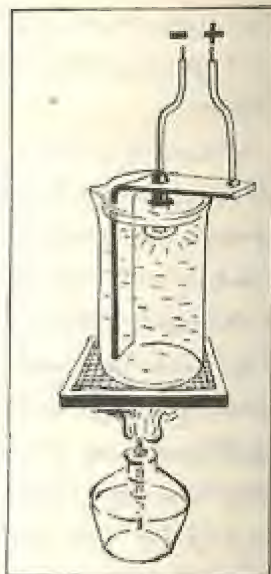
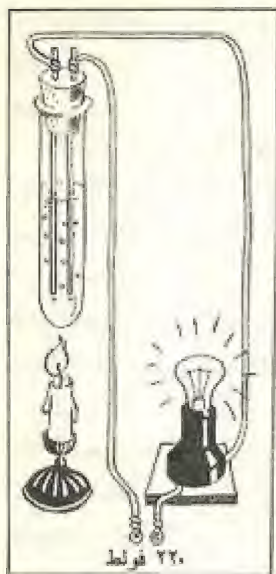
يمكن اشعال المصباح بواسطة نترات مصهورة أيضاً : ثبت عيوديا انبوب اختبار يوجد في أسفله قليل من نترات البوتاسيوم أو نترات الصوديوم وأدخل فيه سلكين من النحاس . ولكي لا يتلامس هذان السلكان (الالكترودان) يجب أن يمررا

يزيد الجهد هنا عن ٤٠ فولتا ويمكن أن تبلغ شدة التيار المسحوب من ملعقة الألومنيوم عدة عشرات من الأمبير .

وهل من الضروري أن تستعمل الملعقة وعلبة الكونسروة للحصول على المقوم ؟ طبعاً لا . إذ يمكن أن تأخذ عوضاً عن الملعقة الكترودا من الألومنيوم مهما كان شكله ، وأن نستبدل العلبة بالكترود من الرصاص أو الغرافيت ، ثم نغطسهما في محلول الالكتروليت الموجود في وعاء من الزجاج . والأكثر من ذلك ، فانا ننصحك بفعل ذلك إذا قررت استخدام هذا المقوم لأغراض عملية . أما إذا كان الهدف هو العرض واطهار كيف أن أكسيد الألومنيوم يقوم التيار المتناوب ، فان الملعقة والعلبة تتركان انطباعاً جيداً وأثراً أقوى .

المصباح الكهربائي يشتعل بعود ثقاب

يفضل استعمال مصباح الطاولة في هذه التجربة . افضل أحد سلكيه من الفيشة وأوصله بسلك آخر طويل ، ولا تنس أن تعزل مكان الوصل جيداً . خذ انبوباً زجاجياً ضيقاً رقيق الجدران . وأدخل من نهايته الكترودين ، هما سلكان قطر كل منهما حوالي ١ ملم ، وثبتهما في الانبوب بشريط عازل . ويجب ألا يتلامسا ، وأن تفصل بينهما مسافة قدرها مليمتراً واحداً أو مليمترين . اربط السلك الطويل الخارج من المصباح بأحد الالكترودين ، وأوصل الالكترود الثاني بالرأس الحر من الفيشة ، فتحصل على دارة مفصولة بين الالكترودين . ثبت الانبوب الزجاجي في وضع أفقي ، فمن السهل تحقيق ذلك إذا كان السلكان قاسيين وعزولين يعازل بلاستيكي : إذ يكفي أن تشد السلك جيداً حتى



من خلال السدادة . اربط المصباح بالالكترودين كما جاء في التجربة السابقة . واذا فتحت التيار الآن ، فلن يشتعل المصباح طبعاً ، لأن التيارات الصلبة لا تنقل التيار الكهربائي . سخن التيارات حتى الانصهار فيشتعل المصباح عندئذ ، لأن الايونات التي تتألف منها الشبكة البلورية للملح تكتسب حركية ، مما يؤدي الى اغلاق الدارة . وسيستمر المصباح بالاشتعال حتى بعد التوقف عن التسخين لأن صهارة التيارات ذات مقاومة كهربائية عالية بحيث أن الحرارة التي تنطلق أثناء مرور التيار الكهربائي تحافظ على بقاء التيارات في حالة منصهرة .

وبطريقة مماثلة ، يمكن اجراء التجربة ليس على صهارة الملح وانما على محلول ملح ما ، كملح الطعام مثلاً . ويفضل في هذه الحالة أن يكون الالكترودان من الغرافيت . ضع هذين الالكترودين في علبه تحوى ماء عادياً أولاً ، ثم أضف اليه الملح على دفعات صغيرة فيشتعل المصباح وتزداد شدة ضوءه مع اضافة الملح .

ويمكن بهذه الطريقة فحص الناقلية الكهربائية للمحاليل . وعليك الآن أن تتأكد من الناقلية الكهربائية عند محاليل مختلفة التركيز من الصودا والسكر وحمض الخل .

واليك تجربة أخرى غير عادية تستعمل فيها لمبة مصباح الجيب . ثبت هذه اللبة في لوح صفيح على شكل زاوية قائمة . ضع اللوح في كأس صغير بحيث يقع زجاج اللبة داخل الكأس ويكون منبهاً نحو قعره . اربط نهاية اللبة الواقعة فوق اللوح بالقطب السالب للبطارية واربط اللوح نفسه بالقطب الموجب انتبه الى أنه لا يجوز لحم الأسلاك هنا لأن

منطقة اللحام قد تنصهر أثناء التجربة . ولهذا لا بد من اجراء الوصل آلياً أو استعمال خدقة من مصباح جيب قديم . اسحب اللبة من الكأس قبل بدء التجربة . أضف تيارات الصوديوم (لا تصلح تيارات البوتاسيوم في هذه الحالة وستعرف السبب فيما بعد) ضع الكأس على شبك من الأسبستوس أو على صفيحة معدنية وسخنه على لهب مصباح غازى أو كحول . ومن غير الملائم استعمال الكحول الجاف للتسخين لأنه من الصعب عندئذ التحكم بدرجة حرارة الصهارة : فالتيارات تنصهر في الدرجة ٣٠٩ م وتضكك في الدرجة ٣٩٠ م ، وعليه يجب ابقاء درجة الحرارة ضمن هذا المجال . ويلجأ لتحقيق ذلك

اما الى التحكم بالهب المصباح وتغيير حجمه أو تغيير المسافة بينه وبين الكأس ، لا تترك الصهارة تنجمد حتى ولو على السطح فقط .

غطس اللبة بحذر في الترات المصهورة بحيث ينغمر القسم الأكبر منها وبشرط أن يبقى الجزء العلوى منها فوق الصهارة ، والا قصرت الدارة الكهربائية . اترك اللبة مشتعلة في الترات حوالى ساعة واحدة ثم اقلل التيار واطفأ المصباح . اسحب اللبة بحذر ، واتركها لتبرد ، وبعد ذلك اغسلها بالماء ، وستشاهد أن سطحها من الداخل أصبح مغطيا بطبقة لماعة . ذكرنا آنفا أن الجسيمات المشحونة في الزجاج تكتسب أثناء التسخين حركية وتصبح أكثر نشاطا (ولهذا بسبب اشتعل المصباح عندما سخنا الانبوب يعود تقاب) . وهنا تلعب ايونات الصوديوم الدور الرئيسى ، فهي تصبح نشيطة جدا في درجة أعلى من الدرجة 300°C ، بينما يبقى الزجاج صلبا تماما . وعندما غطست اللبة المشتعلة في صهارة الترات أصبح زجاجها داخل مجال أو حقل كهربائى قطبه السالب هو سلك اللبة ، وقطبه الموجب هو الصهارة الملامسة للوح الصفيح . وبدأت ايونات الصوديوم النشطة بالتحرك في الزجاج نحو الكاثود ، أى في اتجاه سلك اللبة . وبعبارة أخرى ، فان هذه الايونات انتقلت الى جدار اللبة الداخلى .

فهل هذا يعنى أن الطبقة الدامعة في الداخل هى طبقة من الصوديوم ؟ أجل ، ولكن كيف تحولت الايونات الى فلز ؟ من المعلوم أن المعادن المتوهجة (بما فى ذلك المعادن التى يصنع منها سلك اللبة) تطلق الالكترونات . ففى حالة اللبة

تتطلق الالكترونات من السلك وتصطدم بالسطح الداخلى للزجاج حيث تتحد مع ايونات الصوديوم مما يؤدى الى تشكل فلز الصوديوم .

ولكن ، لماذا لا تصلح نترات البوتاسيوم فى هذه التجربة ؟ فالنترات يبدو وكأنها لا تشترك فى العملية . والواقع أنها تشترك . فعندما يصبح ايون الصوديوم ذرة محايدة يترك مكانه فى الزجاج فجوة ايونية مشحونة بشحنة سالبة . وعندها تصبح الحاجة ماسة الى نترات الصوديوم : اذ تقوم ايونات الصوديوم تحت تأثير المجال الكهربائى بالانتقال من صهارة الترات الى الزجاج حيث تملأ الفجوات فيه . وباعتبار أن ايونات البوتاسيوم أكبر بمرّة ونصف من ايونات الصوديوم لذا فانها لا تستطيع الدخول الى الزجاج واملاء الفجوات فيه . ولهذا تشقق اللبة فى نترات البوتاسيوم . وينطبق أحيانا هذا النوع غير العادى من التحليل الكهربائى خلال الزجاج للحصول على طبقة من الصوديوم النقى جدا ، أو النقى طيفيا ، بعبارة أدق .

العمر الطويل للبطارية

تصور أنك أعددت كل شيء لاجراء تجربة كيميائية كهربائية وجمعت كل ما يلزم للدارة الكهربائية ، وإذا بالبطارية التى لديك قد فرغت وليس عندك بطارية احتياطية أخرى . والأسوأ من هذا هو أن تفرغ بطارية مصباح الجيب وأنت تتجول فى الغابة ليلا . ومن المؤسف جدا أن تتوقف بطاريات المذياع عن العمل وأنت تستمع الى أغنيكتك المفضلة أو الى وقائع مباراة شيفة فى كرة القدم . ولكن ما العمل ؟

وقى غرضون ذلك ، فإن شيئا ما يمكن عمله فى هذه الحالة .
 فإذا لم تتوفر لديك بطارية احتياطية ، فلا تسرع فى رمى البطارية
 القديمة فى سلة المهملات ، وإنما حاول أن «تحييها» من جديد .
 تتألف معظم البطاريات الحديثة من جملة من الزنك
 والمنجنيز . وعند عمل هذه البطاريات يذوب القطب السالب
 فيها ، وهو من الزنك ، تدريجيا وبطء شديد ، ويختزل القطب
 الموجب ، وهو ثنائى أكسيد المنجنيز MnO_2 ، متحولا الى
 هيدروكسيد المنجنيز ثلاثى التكافؤ (يمكن تمثيل صيغته كما
 يلى $MnOOH$) . وهذا الهيدروكسيد يغطى تدريجيا حبيبات
 الأكسيد وينفذ الى داخلها ، ويحول دون وصول الالكترونات
 اليها . وهكذا تتوقف البطارية عن العمل بينما لم يستهلك فيها
 سوى نصف كمية أكسيد المنجنيز ، وتبقى فيها فى الوقت نفسه
 أربعة أخماس كمية الزنك . وبعبارة أخرى ، فإننا نضطر الى
 رمى بطارية وهى فى الواقع صالحة للعمل ولم تستنفد نهائيا بعد .
 وإذا فصلت «قشرة» $MnOOH$ أصبح بإمكان الالكترونات الوصول
 الى الحبيبات ، وعادت البطارية للعمل من جديد . ولكن كيف
 يمكن تحقيق ذلك ؟ اليك أبسط طريقة : اذ فكفت أن تدق
 البطارية بحجر أو مطرقة حتى تتشقق الحبيبات داخلها ويستطيع
 الالكترونات عندئذ أن ينفذ اليها . ومع أن هذه الطريقة بدائية
 الا أنها أفضل ما يمكن عمله عندما تكون فى الغابة أو خارج
 المنزل بوجه عام .

وعندما تتعطل البطارية فى البيت يمكن تنشيط ثنائى أكسيد
 المنجنيز بصورة أشد وأقوى : خذ مسمارا وافتح به ثقباً فى حجرة
 الزنك فى البطارية . اغمر البطارية فى الماء . وبما أن الالكترونات

فى البطارية لرج وليس سائل ، لذا فإنه يتشبع بالماء ويتخفف
 ويسهل عليه عندئذ النفوذ الى داخل حبيبات ثنائى أكسيد
 المنجنيز . وتسمح هذه الطريقة السهلة بزيادة مدة استهلاك
 البطارية بمقدار الثلث تقريبا . ومع ذلك يمكن جعلها أكثر
 بساطة أيضا .

وهنا لا داع أبدا الى سكب الماء فى البطارية . اذ يكفى أن
 نفتح ثقباً فى حجرة الزنك . ومن المعلوم أن أكسيد المنجنيز
 يخلط فى البطارية مع مسحوق الغرافيت لزيادة ناقلية الكهرباء .
 فما أن يدخل الهواء الى البطارية حتى يبدأ الغرافيت بامتصاص
 الأكسجين . وعندها يتكون الى جانب ثنائى أكسيد المنجنيز
 قطب موجب آخر ، يدعى الالكترونات الهوائية ، ويختزل عليه
 الأكسجين . وبعبارة أخرى ، فإن مسمارا بسيطاً يحول بطارية
 الزنك والمنجنيز الى بطارية من الزنك والهواء . ونشير بصراحة الى
 أن بطارية الزنك والهواء التى صنعناها بنفسك ستعطيك بعد هذه
 العملية تياراً ضعيفاً ، ولكنها ستخدمك فترة طويلة جدا .

وأخيراً سنحاول أن نجعل البطارية القديمة تصبح وكأنها
 جديدة تماما . ولهذا الغرض لا بد من شحنها بتيار كهربائى
 كما هو الحال بالنسبة الى أى مركب آخر ، عندئذ يحدث تفاعل
 عكوس فى البطارية يتحول فيه $MnOOH$ الى MnO_2 من جديد .
 ونشير هنا الى أنه لا يجوز شحن سوى البطاريات التى لم يجف
 المعبون فيها بعد ، والتى يكون هيكلها سليما . ولا يجوز استخدام
 تيار دائم عادى ، كما فى حالة شحن المركبات ، وذلك لأن
 الزنك عندئذ يترسب على هيكل البطارية على شكل خيوط متفرعة
 مما يؤدى الى حدوث دائرة قصر تعطب بعدها البطارية . ويتم

شحن البطارية بما يسمى بتيار لا متماثل . والحصول على تيار كهذا يجب تقويم التيار المتناوب جزئيا ، كأن يدخل ، مثلا ، في الدارة مقوم ذيودى ومقاومة موازية له (حوالى ٥٠ أوم) . ويجب أن يكون الجهد حوالى ١٢ فولط ، ولهذا لا يجوز استعمال التيار القادم من شبكة الكهرباء العامة مباشرة ، وإنما يجب استعمال محول خافض .

ويمكن شحن بطاريات الزنك والمنغنيز حتى ثلاث مرات ، وعندها لا تنخفض ساعاتها الا قليلا . أما البطاريات الصغيرة (بطاريات الزنك والزنابق) ، فيمكن شحنها عشر مرات . ولكن فنيها بالمسبار أو دقها بحجر أو مطرقة أمر لا فائدة منه ، لأنه لا تبقى فيها تقريبا بعد التفريغ مواد فعالة ونشطة .

التيار الكهربائى من مواد متوفرة لديك

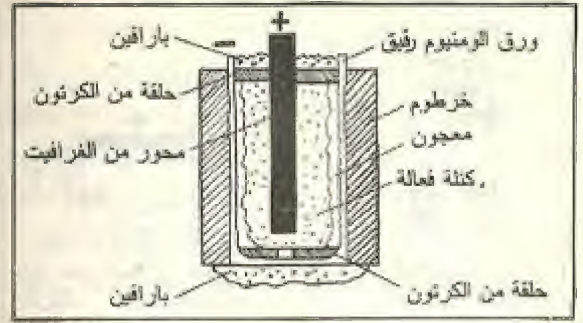
يحتاج تجديد بطارية قديمة الى مهارة فعلا ، والمهارة لا بد منها عندما تريد تحضير منبع للتيار بنفسك . فهذا المنبع يصلح لمختلف التجارب الكيميائية كأنبودة الألومنيوم مثلا ، والطلاء بالنيكل وغيرها .

يوجد عدد كبير من المصادر الكيميائية للتيار . ولكن أبسطها صنعا هي خلية غرينى . فهي تحتاج الى صفيحتين الأولى من الزنك والثانية من الفحم وتدخلان بسهولة فى وعاء زجاجى . حمض لهذا الوعاء غطاء من بولى الاثيلين ، واتقه بالمخزف فى مكانين ، أدخل فى الثقبين سلكين تعلق عليهما الصفيحتان بشرط ألا يتلامسا . أما الالكتروليت المستعمل فى هذه الخلية ، فهو محلول مائى يحوى حمض الكبريتيك بنسبة ٢٦% وبيكرومات



البوتاسيوم بنسبة ١٢% . ولا تنس عندما تريد تحضير هذا الالكتروليت أن تصب الحمض فى الماء ، وكن حذرا جدا . اسكب الالكتروليت بحذر فى الوعاء الزجاجى ، بحيث يغطى ثلاثة أرباع الصفيحتين . غط الوعاء جيدا بالغطاء الآنف الذكر . فى اللحظة التى يلمس فيها الالكترودان (الصفيحتان) الالكتروليت ينشأ جهد كهربائى وإذا أغلقنا الدارة جرى فيها تيار كهربائى يمكن التأكد منه بسهولة بواسطة جهاز لقياس الفلطية (فرق الجهد) يضم الى الدارة فيشير الى جهد يبلغ ٢ فولط تقريبا . ولكن شدة التيار ليست كبيرة أبدا ولن تكفى هذه الخلية حتى لاشعال لمبة مصباح الجيب . ولكن اذا حضرنا خليتين أو ثلاث خلايا من هذا النوع وربطناها مع بعضها على التسلسل (أى توصل صفيحة الزنك بصفيحة الفحم) لاحظنا أن اللبة تشتعل عندئذ . ونشير هنا الى أن تجربة الطلاء بالنيكل تحتاج الى خلية واحدة فقط .

وبالرغم من أن خلية غرينى تعمل بشكل مضنون ، الا أن لها عيبان على الأقل : الأول هو أن التعامل بالالكتروليت سائل



عملية مزعجة وخاصة عندما يحتوى على حمض الكبريتيك ،
والثاني هو أنه لا تتوفر بين أيدينا دوما صفائح من الزنك والفضة .
ولهذا ، فستحاول صنع مصادر أخرى للتيار ، وإن كانت أقل
جودة من الخلايا السائلة إلا أن موادها الأولية متوفرة دائما :

تلف السجائر والشاي فى عليها بريقة أحد وجهيها «فضى»
والآخر «ورقى» ، وتباع فى المخازن بريقة من النحاس . اصنع
من الرقيقتين (ريقة علب السجائر وريقة النحاس) مربعات طول
ضلعها حوالى ٥ سم . ضع هذه المربعات فوق بعضها البعض
بالتناوب بحيث يقع النحاس على «الفضة» . ويجب أن تكون
الطبقة السفلى «ورقية» والطبقة العليا نحاسية . وتحصل بهذا الشكل
على بطارية من الخلايا . يزداد الجهد فيها كلما ازداد ارتفاعها ،
أى كلما ازداد عدد الخلايا فيها .

اقطع أسلاكاً من رقيقة النحاس وضعها فى أعلى الرزمة وأسفلها
ولفها بشرائط عازل ثم غطس البطارية فى الكتروليت عبارة عن
محلول من ملح الطعام . ولتأكد من أن البطارية بدأت تعمل ،
فرب إلى قطبيها ، كما فعلت سابقاً ، لفافة من ورقة ترشيح مبللة

بمحلول الفينولفثالين ، فيحمر المحلول عند القطب السالب وقد
يبلغ الجهد فى هذه البطارية عدة فولطات ، ولكن التيار فيها
ضعيف مع الأسف .

والأبسط من ذلك كله أن نستخدم لصنع مصادر أخرى
للتيار مواد أولية نأخذها من بطاريات قديمة . ولهذا الغرض افتح
البطاريات واستخرج منها أكسيد المنجنيز والغرافيت والمعدن الجاف
(الالكتروليت الزجج) ، ضع المعدن فى الماء ، اسحق أكسيد
المنجنيز ، اخلط هذا المسحوق مع عدة نقاط من محلول
الجيلاتين ، ادهن قضيب الغرافيت بهذا المزيج واترك فى أعلاه
منطقة صغيرة دون دهان لربط السلك . وبعد أن يجف المزيج ،
لف القضيب عدة مرات بورقة «فضية» بشرط أن تكون «الفضة»
من الأعلى ثم اربطها . لف أحد السلكين جيداً على القضيب
مباشرة (فى المنطقة الصغيرة التى تركتها دون دهان) ولف السلك
الثانى حول الورقة «الفضية» وثبته عليها بورقة لاصقة . ويبقى
أن تلف الخلية بشرائط عازل حتى تصبح جاهزة للعمل .

ويمكننا الحصول على خلايا أفضل وأحدث إذا ما بللنا أكسيد
المنجنيز والمعدن الجاف بمحلول كلوريد الأمونيوم (٢٤ غم
لكل ١٠٠ ملل من الماء المقطر ويستحسن أن يضاف إليها غرام
واحد من كلوريد الكالسيوم) . وعند تسخين هذا المحلول مع
محلول النشاء نحصل على الالكتروليت بشكل معجون .

خذ سدادة من بولى الاثيلين وانقبها فى أسفلها ثم مرر سلكاً
خلال الثقب . ضع فى السدادة حلقة من الحديد المغطى بالزنك
بحيث تلتصق جيداً بالسلك . اصنع من ورقة ترشيح حلقة يطابق
قطرها القطر الداخلى للسدادة وبللها بالالكتروليت ثم ادهنها

بالمعجون وأدخلها داخل السدادة . ضغ فوقها أكسيد المتجيز
الذى حصلت عليه من بطارية قديمة واضغطه بحلقة من الغرافيت
(وهى السلك الثانى لتوصيل التيار) . ويمكنك أن تركب من هذه
الخلايا بطارية تعطى جهدا يبلغ عدة فولطات . ويمكن استبدال
السدادة البلاستيكية بسدادة من الحديد المطلى بالقصدير
(كالسدادات المستخدمة فى زجاجات المياه الغازية) . ومن
الواضح أنه لا حاجة هنا للزئبق ، ولا داع لثقب السدادة لأنها
ستقوم هى نفسها بنقل التيار . ولكن الخلية هنا تعطى جهدا
صغيرا .

البلورات كبيرة وصغيرة

كتب الكثير عن تجارب استنبات البلورات وعن فعلها القوى
وبساطة تنفيذها . وأظن أنك قد أجريت واحدة منها على الأقل
وأصبحت على علم بمبادئها . والحقيقة أن الأمر بسيط هنا : إذ
من الضروري تحضير محلول مشبع ساخن لملح ما (ككلوريد
الصوديوم أو كبريتات النحاس أو كبريتات الحديد أو بيكرومات
البوتاسيوم أو غيرها) وتبريده بحذر بشرط ألا يترسب الفائض من
المادة المذابة (يسمى مثل هذا المحلول بالمحلول مفرط التشبع) ،
وأخيرا تضاف البذرة (وهى بلورة من الملح نفسه معلقة على خيط
ويبدأ حولها التبلور) ولا يبقى بعد ذلك سوى أن يغطى الوعاء
برقعة ، ويوضع فى مكان معزول ، والانتظار أسابيع ، أو ربما
شهور . حتى تنمو بلورة ضخمة . والشئ الوحيد الذى يجب
عمله أحيانا هو اضافة قليل من المحلول المشبع لتعويض الكمية
المتبخرة منه .

إن كل ما ذكر أعلاه معروف حقا ، وتختلف كثيرا
الطرائق والوسائل المتبعة فى هذا المجال ، وسنختار واحدة منها
ليست أكثرها انتشارا ، كطريقة نترات الرصاص ويوديد البوتاسيوم ؛
اعزج حجمين متساويين من محلولين لهذين الملحين تركيز كل
منهما ١٠٪ ، فيشكل عندئذ راسب من يوديد الرصاص . اسكب
بهذوء السائل الموجود فوق هذا الراسب . اغل ماء فى وعاء ما
شفاف ، وحضضه قليلا بالخل ثم أضف اليه ، وهو يغلى ، راسب
يوديد الرصاص الذى لا يزال رطبا ويجب تحريكه وخض الراسب
قبل ذلك . اترك السائل ليبرد ببطء ، وستنمو فيه بعد فترة بلورات
ذهبية اللون .

واليك طريقة أخرى لاجراء هذه التجربة : ضغ فى انبوب
اختبار محلولاً من نترات الرصاص وآخر من يوديد البوتاسيوم ،
اغل محتويات الانبوب كى يذوب الراسب الموجود بينهما ، ثم
برد الانبوب بسرعة بوضعه تحت ماء جار من الصنبور ، فتتكون
فى هذه الحالة بلورات دقيقة معلقة فى السائل وذهبية اللون .
يتوقف حجم البلورات بوجه عام على سرعة التبريد : نخل ٢٠ غم
من نترات البوتاسيوم وانقلها على دفعات صغيرة الى وعاء يحوى
٢٥ ملل من الماء . خض المزيج بعد كل دفعة كى يذوب
الملح ويعددها أضف الدفعة التالية . وعندما يتوقف الملح عن
الذوبان سخن الوعاء قليلا ثم أضف دفعة من الملح ، خض
المحلول ثم سخنه مرة ثانية . كرر هذه العملية حتى تذوب
كمية الملح المأخوذة كلها . والآن اسكب المحلول فى وعائين
واترك أحدهما يبرد فى الهواء (ولجعله يبرد ببطء يمكن أن يغطى
بعدة طبقات من قماش سميك) ، وبعد ذلك تتكون فى هذا

الوعاء عدة بلورات ضخمة ، وعند نجاح التجربة جيدا تتكون بلورة واحدة ضخمة . ضع الوعاء الثانى فورا فى طنجرة تحوى ماء باردا فيظهر فيه عدد كبير من البلورات الصغيرة . وهذه قاعدة عامة .

وفيما يلى تجربتان مثيرتان حقا بحيث يمكن عرضهما على الآخرين بعد الاعداد لهما جيدا . والتجربة الأولى تدعى تجربة بيليجو : نخذ اسطوانة ارتفاعها يتراوح من ٢٥ الى ٣٠ سم واغسلها من الداخل بالماء الساخن . اسكب فيها محلولاً مركزاً جداً وساخناً من الهيبوسولفيت بحيث يملأ ثلث حجم الاسطوانة (يسكب هذا المحلول من خلال قمع صغير وبشرط أن ينساب على الجدار الداخلى للأسطوانة) . ويحضر هذا المحلول على النحو التالى : يذاب ٤٥٠ غم من الهيبوسولفيت أثناء التسخين فى ٤٥ ملل من الماء . سخن محلولاً من أسيتات الصوديوم (٣٠٠ غم من أسيتات الصوديوم فى كل ٤٥ ملل من الماء) واسكبه من خلال القمع السابق نفسه فى الاسطوانة يشغل ثلث حجم الاسطوانة أيضا . ويجب أن يسكب هذا المحلول بعناية وحذر ، ولا يجوز أن يختلط مع المحلول السابق الموجود فى الاسطوانة وأخيراً يملأ الثلث الأخير من الاسطوانة (بحذر أيضا) بماء ساخن يحمى المحلول المشبع من التبلور قبل الأوان .

وهكذا تظهر فى الاسطوانة ثلاث طبقات هى : الماء ومحلول مفرط التشبع من أسيتات الصوديوم ومحلول مفرط التشبع من الهيبوسولفيت . غط الاسطوانة بلوح من الزجاج واتركها لتبرد حتى درجة حرارة الغرفة ، وبعدها يمكن البدء بالتجربة . ضع على طرف قضيب زجاجى قطعة من الشمع والصق عليها

بلورة صغيرة من الهيبوسولفيت (سخن الشمع بلطف فوق لهب المصباح حتى ينصهر قليلاً) . غطس القضيب بسرعة فى الطبقة السفلى من الاسطوانة ، ولما كان تركيز الملح عاليا جدا ، لذا يتجمع فورا حول هذه البلورة عدد كبير من البلورات الجديدة وتشكل ما يشبه الزهرة . ولن تتبلور حول بلورة الهيبوسولفيت فى الطبقة المتوسطة أية مادة أخرى «غريبة» .

والآن خذ قضيباً مماثلاً تماما توجد على طرفه قطعة من الشمع ولكن تلتصق عليها بلورة صغيرة من أسيتات الصوديوم (لا يجوز عند عرض التجربة أمام المشاهدين أن يظهر اختلاف بين البلورتين) . غطس القضيب فى الطبقة المتوسطة ، فتنمو هنا زهرة أيضا ، ولكنها تختلف تماما عن الزهرة الأولى . هذا ويمكن أن تستعمل الاسطوانة عدة مرات فيما اذا اجريت التجربة بعناية وحذر.

أما التجربة الثانية التى تشبه اللعبة السحرية ، فستجرى على أسيتات الصوديوم فقط . أذب ١٥٠ غم من هذا الملح فى ماء ساخن (وفى وعاء يفضل أن يكون مطليا بالمينا) ثم يخر المحلول ببطء محالوا أن تحدد اللحظة التى يجب عندها وقف التبخير : ولهذا الغرض انفخ من وقت لآخر على سطح المحلول الساخن ، وما أن نظهر عليه طبقة تشبه الطبقة الدهنية حتى يدل ذلك على أن تركيز الملح أصبح مساويا التركيز اللازم لتشكيل البلورة المائية ذات التركيب $\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. اسكب السائل فى كأس نظيف ذى جدار رقيق . غط الكأس واتركه ليبرد ، ويكفى أن تضاف الى السائل بعد تبريده كمية ضئيلة جدا من أسيتات الصوديوم حتى يتبلور فورا ويتحول الى كتلة صلبة تشبه الجليد . واذا لم

تترك السائل على النار الفترة اللازمة وكان فيه كثير من الماء ،
فانه يظهر بعد التبريد فوق الكتلة قليل من الماء الذي يجب فصله .
واذا كانت كمية الماء غير كافية ظهرت على السطح طبقة
رقيقة من الملح ، ولا فائدة من فصل هذه الطبقة ، والأبسط هو
أن يضاف اليها قليل من الماء .

ويمكنك تكرار التجربة بصهر البلورة المائية في حمام مائي
ثم تبريدها على مرأى من الناس الذين سيدهشون حتما لذلك .
فمن لا يندعش لرؤية الماء وهو يتجمد دون تبريد ؟ والأكثر
من ذلك أن الكأس يسخن أثناء ذلك من جراء انطلاق حرارة
التبلور . ويمكن قلب الكأس رأسا على عقب ، ولن تنسكب منه
قطرة ماء واحدة .

ولدى عرضك للتجربة كلعبة سحرية حاول خلسة أن تنفض
حبة الملح من طرق « قضيب سحري » . ولا بد من تغطية الكأس
جيدا في الفترات الواقعة بين التجارب ، والا أدى سقوط حبة غبار
فيه الى حدوث تبلور غير مرغوب فيه .

ويمكن الحصول على المادة اللازمة في هذه التجربة ، وهي
أميتات الصوديوم ، من حمض الخليك والصودا . وإذا أردت
تحضيرها بنفسك وجب عليك أن تخفف حمض الخليك بالماء
ثلاث مرات تقريبا ثم تضيف اليه الصودا لتريجيا على دفعات
صغيرة ، ولا يجوز أن تضاف دفعة الصودا الا بعد توقف انطلاق
الرغوة الناجمة عن اضافة الدفعة السابقة ، وفي حال عدم التقيد
بذلك يكون التفاعل عنيفا جدا مما يجعل السائل ينسكب من
الوعاء .

وفيما يلي ستحصل على بلورات غريبة من المعادن وسنبدأ
بلورات النحاس .

سبق لك وحصلت على بلورات صغيرة من النحاس عندما
غطست مسامرا في محلول من كبريتات النحاس . وقد كانت
هذه البلورات صغيرة جدا بحيث أن طبقة النحاس على السطح
كانت تبدو وكأنها متصلة تماما . ولتحضير بلورات كبيرة لا بد
من إبطاء التفاعل بطريقة ما كي يتمكن النحاس المتكون في
التفاعل من الترسب على البلورات وجعلها تزداد نمو . والتبريد
البطيء طريقة يمكن اللجوء اليها لهذا الغرض ولكن بشرط ألا
يحدث تفاعل كيميائي ذلك .

يستخدم ملح الطعام لمنع حدوث التفاعل . ضع على قعر
وعاء (زجاجة ذات فوهة واسعة) قليلا من بلورات كبريتات
النحاس ورش عليها ملح الطعام الناعم . غطيها بحلقة من ورق
نشاف أو ورق ترشيح بحيث تمس جذران الوعاء ، وضع على
الورقة من الجهة العليا حلقة حديدية قطرها أصغر من قطر الورقة
(يجب مسحها مسبقا بورق صنفرة ثم تنظيفها جيدا) . اسكب في
الوعاء محلولاً مشبعاً من ملح الطعام بحيث يغمر الحلقة الحديدية
تماماً ، ولا يبق عليك بعدها سوى الانتظار فترة تعتمد الى حد
كبير على شروط التجربة ، وعلى كل حال ، فالفترة هذه ليست
ساعة ولا ساعتين ، وإنما لا تقل عن عدة أيام . وهكذا ستظهر
بعد أيام في الوعاء بلورات حمراء جميلة من النحاس . وبإمكانك
الحصول على بلورات من النحاس ذات أشكال مختلفة وغريبة
أحيانا وذلك بتغيير الوعاء واستخدام بلورات ذات أبعاد مختلفة من
كبريتات النحاس والتحكم بسمك طبقة ملح الطعام ودرجة
الحرارة أيضا . وأحيانا تتكون بلورات غير مكتملة النمو وتشبه
أغصان الأشجار .

وإذا تركت بلورات النحاس في الوعاء الذي حضرت فيه فانها لن ، تبقى فيه فترة طويلة ، ولهذا يجب سحبها منه وغسلها بالماء ثم وضعها في انبوب اختبار يحوى حمض الكبريتيك المخفف وتغطية فوهته بالسداة . والآن ستبقى البلورات سليمة ، ولن يطرأ أى شيء عليها بعد ذلك .

زخرفات بلورية

ثمة مواد تسمى بالمواد المتشكلة لأنها تتبلور بشكل واحد بالرغم من اختلاف تركيبها . وبما كان بلورات المادة الواحدة منها أن تنمو في محلول مشبع من مادة أخرى منها . ويظهر وكأننا نحصل على «بلورة في بلورة» . وإذا قطعت هذه البلورات ظهرت على سطح القطع زخرفات هندسية .

وأكثر المواد المتشكلة انتشارا وتوفرا الشب بأنواعه المختلفة ، وهو عبارة عن بلورات مائية من كبريتات ثنائية صيغتها العامة $M^I M^{III}(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$. وتستخدم ثلاثة أنواع منها هي : كبريتات الكروم واليوتاسيوم ذات اللون البنفسجي الغامق $KCr(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ وكبريتات الحديد والأمونيوم ذات اللون الأخضر $NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ ، وكبريتات الألومنيوم واليوتاسيوم عديمة اللون $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$.

اسكب ماء في وعاء مطلق بالمينا أو وعاء زجاجي . وضع فيه نوعا واحدا من الشب ، ثم سخن المزيج مع التحريك المستمر وبشرط ألا تسمح له بالغليان . وبعد أن يذوب الملح أضف دفعة جديدة من الشب نفسه ثم سخن المحلول من جديد . وعندما يصبح المحلول مشبعاً رشحه بسرعة من خلال قطن موضوع

في قمع زجاجي شعلت جذرائه لثراها بماء غال ، وذلك لأن التبلور قد يبدأ قبل الألوان إذا كانت جذران القمع باردة ، وتسد البلورات عندئذ فوهة القمع .

غط الوعاء الحاوى على الشب ، واتركه ليبرد ببطء . فتترسب على قعره بلورات صغيرة . وإذا بدأت هذه البلورات بالنمو وجب تسخين المحلول بعد اضافة قليل من الماء اليه . ثم تركه ليبرد من جديد ، اسحب البلورات من المحلول وجففها ثم ضعها في انبوب اختبار وسده بسداة بعد ذلك . حضر بالطريقة ذاتها بلورات من نوع آخر من الشب . احفظ المحاليل المشبعة في زجاجات تلتصق عليها بطاقات للتعرف على مضمونها .

خذ بلورة واحدة من كل نوع واربطها بخيط رفيع ثم غطسها في محلولها واحفظ الزجاجات بعيدا عن تيار الهواء وغطها بغطاء من الورق . تنمو البلورات بشكل ملحوظ بعد مرور اسبوع تقريبا على تحضيرها ، وبدل أماكنها . وإذا علقت منذ البداية في كل زجاجة بلورتين ازداد عندئذ تناوب الأزهار . وللتمييز بين البلورات تلتصق بطاقات في نهايات الخيوط ويسجل في دفتر المخبر نوع المحلول وفترة وجود البلورات فيه . ولبلورة الشب شكل مجسم ثماني في السطوح . ولكننا هنا لسنا بحاجة الى هذه البلورة المثالية . وعلى العكس ، فكلما كان شكل البلورة غريبا كان الرسم على سطح المقطع أكثر متعة وجذبا للانظار . وفي الوقت نفسه يمكنك استنبات شعب بلورية اعتمادا على بلورات قادرة على التشعب . وإذا بدأت هذه البلورات بالتشعب أثناء النمو ، فلا تحاول اصلاحها . والأكثر من ذلك ، أنه بإمكانك التحكم بنمو السطوح (أو الأضلاع) : اذ يكفي أن

تدهن السطح بالفازلين حتى يتوقف نموه ، وإذا غسلت الفازلين
بالأسيتون بدأ السطح بالنمو من جديد .

اقطع البلورة الجاهزة بخط غليظ رطب ، ويجب أن يتم
ذلك بكل عناية وصبر . اشحذ سطح القطع بورق صنفرة واجعله
مستويا ثم اصقله بحكه على ورقة بيضاء . وتتكون زخرفات هندسية
كثيرة تختلف تبعا لمستوى القص وعدد الطبقات في البلورة
وسمكها ، وتظهر عند الشعب البلورية أشكال وزخرفات أكبر .
ويجب أن تظلي البلورة المقصودة بلك عديم اللون والا اسودت
ونفتت .

ولكن الأسهل والأبسط من كل ذلك هو تحضير زخرفات
بلورية من كلوريد الأمونيوم . صحيح أن هذه الزخرفات
عديمة اللون ، ولكن شكلها يذكرنا دعونا ألا نستبق الحوادث :
أضف كلوريد الأمونيوم الى ماء ساخن ، حرك المحلول باستمرار
ونابع الاضافة حتى تحصل على محلول مشبع . وتخذ لوحا من
الزجاج ونظف سطحه ثم انشر عليه بالفرشاة المحلول السابق
اترك اللوح بعدئذ ليبرد ببطء في الهواء ، والأفضل أن يوضع في
الخزانة لتفادى سقوط الغبار عليه . وبعد عدة ساعات يتبخّر
الماء وتظهر زخرفة على سطح الزجاج . ولا حاجة أبدا لتفحص هذه
الزخرفة مليا بغية معرفة شكلها : اذ يظهر بوضوح أنها تشبه
الأشكال الجليدية الجميلة التي ترسم على زجاج النوافذ في
أيام الشتاء القارصة .

ومن الأفضل ، طبعاً ، أن تجرى هذه التجربة ليلة رأس
السنة الميلادية . وتذكرك بأن هذه الأشكال الجليدية الاصطناعية
لا تتأثر بالحرارة ولكن عدوها اللدود هو الماء .

كنز على الصحن

البحث عن الكنوز عمل مرهق ، لا جدوى منه بوجه عام .
ومع ذلك ندعوك لأن تجرب حظك في هذا المضمار ، وسنضمن
لك النجاح التام . وسنبعث عن ذهب حقيقي ليس في الكهوف
ولا في الغابات ، وإنما على صحن عادي أو قطعة من صحن
مكسور مزين باطار (كنار) ذهبي .

وقد يدهشك هذا الكلام ، ولكن الاطار الذهبي على الصحن
محضر من الذهب فعلاً ، وإن كانت كميته ضئيلة فيه ، لأن طبقة
رفيعة جداً . ولتأكد من ذلك انظر الى كأس زجاجي ذي اطار
ذهبي وستلاحظ أن طبقة الذهب تبدو شفافة عليه . تظلي الأواني
الخزفية والزجاجية بمحلول الذهب . وسنبدأ تجربتنا بتحضير
محلول يحتوي على الذهب .

اطلب من صاحب مخزن الأواني المنزلية أن يعطيك قطعاً من
الأواني المكسرة والمطلية بالذهب . وبكفيك حوالي ١٠ سم^٢
من القشرة الذهبية . وعليك أن تحضر منها ٥ ملل تقريباً من
الحمض $H[AuCl_4]$. ولهذا الغرض أذب الذهب في مزيج من
حمض الهيدروكلوريك (٣ ملل) والنيتريك (١ ملل) المركزين .
يسمى هذا المزيج بالماء الملكي . وتذكر بأن تكون حذراً جداً
أثناء التعامل بالأحماض المركزة ، وأن تضع قفازات مطاطية على
يديك ، وأن تجرى هذه التجربة في مخبر المدرسة فقط .

وقبل الاذابة يجب أن تنظف القشرة الذهبية على القطع
المكسورة تنظيفاً جيداً وأن تزال عنها آثار الدهن بسحها بقطنة
مبللة بالأسيتون . نقط بالقطارة عدة نقاط من الماء الملكي على
القشرة الذهبية لاذابتها ، واجمع المحلول الناتج بعناية في انبوب

اختيار صغير مغسول مسبقا بالماء المقطر . ونشير الى أن جميع المحاليل اللازمة في هذه التجربة يجب أن تحضر في الماء المقطر وفي أوان نظيفة .

وللاستفادة من الذهب كله وعدم إضاعة أية كمية منه ، يجب غسل مكانه بعد الذوبان بقليل من الماء (يفضل استعمال القطارة لذلك) وجميعه في الانبوب ذاته . أضف الماء حتى يصبح الحجم ٥ ملل ، فتحصل على المحلول المطلوب . وستحضر الآن محلولاً أرجوانياً جميلاً جداً ، وهو عبارة عن محلول غرواني يحتوي على جسيمات وحبيبات دقيقة جداً من فلز الذهب ويتكون هذا المحلول عندما يضاف الى محلول $H[AuCl_4]$ المخفف جداً محلول كلوريد القصدير $SnCl_2$.

أذب ٥.٠ غم من كلوريد القصدير ثنائي التكافؤ في ٥٠ ملل من الماء . تقط عدة نقاط من هذا المحلول الشفاف في انبوب اختبار يخوى محلولاً من $H[AuCl_4]$ لونه أصفر باهت ، فتلاحظ أن لون المزيج يصبح بنياً مصفراً في البداية ثم يتحول بعد عدة دقائق الى لون أرجواني رائع . وفي الوقت ذاته يختزل فلز الذهب ويتكون هيدروكسيد القصدير $Sn(OH)_4$ الذي يجعل المحلول الغرواني ثابتاً . ويكون لون المحلول عادة أحمر شديداً الا أنه يتراوح من الأحمر الى البنفسجي وذلك تبعاً لحجم الجسيمات العالقة فيه .

يمكن ترسيب الذهب الغرواني بواسطة محلول من ملح الطعام ، حيث تتجمع جسيمات الذهب حول بعضها وترسب . وبعد غسل هذا الراسب وتجفيفه يمكن الحصول منه مجدداً (بواسطة الماء الملكي) على محلول من $H[AuCl_4]$.

وإذا توفر لديك مصباح هيدروجيني أمكنك إجراء تجربة مثيرة حقاً ، وتسمى بتجربة دونانو . إذ يكفي أن يوجه لهب الهيدروجين على سطح محلول $H[AuCl_4]$ حتى يختزل الذهب وتظهر داخل السائل مناطق ملونة . ويمكن إجراء هذه التجربة بطريقة أخرى : ضع محلول الحمض الناتج من معالجة الذهب بالماء الملكي على قطعة نظيفة من الخزف واتركه ليجف ثم ضع القطعة في لهب مصباح هيدروجيني فتتكون عليها طبقة لامعة من الذهب . ونحذرك بأنه لا يجوز استعمال المنضباح الهيدروجيني الا في حضور الامتاذ ، أو بعد أخذ السماح منه بذلك .

الخفي يصبح مرئياً

نتحدث الروايات البوليسية في معرض وضعها لمغامرات جرت في غابر الأزمان عن رسائل كانت تكتب بالجبر السري وكيف أن هذه الكتابة كانت تنطلي على الأعداء ، حتى الخبثاء منهم ، ولم يكن يعرف سرها سوى الأبطال الشرفاء .

والحقيقة أن هذه الكتابة لم تعد سرا على أحد ، وأصبحت معروفة منذ وقت طويل . فبعض المواد عديمة اللون يتأثر بالحرارة مكوناً مركبات ملونة . ونذكر من بينها عصير الليمون أو عصير البصل اليابس . اغمس الريشة في أحدهما واكتب بها على ورقة بيضاء فلن يظهر أي شيء ، والآن قرب الورقة من سخانة كهربائية أو ضعها فوق لهب ، وعلى مسافة لا تسمح للورقة بأن تحترق ، فتظهر الكتابة بوضوح . هذا ويمكن إجراء التجربة ذاتها مع الحليب والخل المخفف .

وفيما يلي عدة تجارب مماثلة لا تستعمل فيها مواد طبيعية وإنما مواد كيميائية : نخذ على طرف سكين قليلا من كلوريد الأمونيوم ونقلها الى انبوب اختبار صغير ، أضف اليها ملعقة صغيرة من الماء ، اغمس الريشة في هذا المحلول ، واكتب أو ارسم بها شيئا ما على الورقة ، واتركها لتجف . وبعد التسخين تصبح الكتابة أو الرسم واضحة بشكل جلي . وتظهر هذه التجربة أكثر اثاره مع محلول مخفف جدا من كلوريد الكوبلت CoCl_2 . فبعد التجفيف تبدو الخطوط أمام خلفية بيضاء قليلة الوضوح لأن البلورات المائية $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (وهي التي تتكون بعد التجفيف) ذات لون وردي باهت . ولكن عندما تسخن الورقة ينفصل قسم من ماء التبلور ويكتسب الملح لونا أزرق ، وإذا رطب الملح من جديد بالنفخ على الورقة أو بوضعها فوق البخار ، وهذا أفضل ، اختفى الرسم نظرا لتشكيل البلورات المائية الحاوية على ستة جزيئات من الماء مرة ثانية .

وربما تعرفت سابقا على هذه التجربة وأساليب اجرائها ، وسنورد الآن أسلوبا منها أقل شهرة . فلن نقوم بتسخين الورقة المكتوبة أبدا ، وسنجرى تجربة تمهيدية تبين كيف يمكن نزع قسم من الماء دون تسخين .

اسكب في انبوب اختبار قليلا من محلول مركز من كلوريد الكوبلت ذي اللون الوردي ، وأضف اليها كمية مماثلة من الأسيتون ثم اخلط المزيج ، فيصبح لون المحلول أزرقا خففت المحلول بالماء فيتحول لونه الى وردي من جديد .

اذن ، فما الذي حدث ؟ الأسيتون يذيب الماء جيدا ويمكن أن يسخيه من المواد الأخرى . وإذا كان الأمر كذلك ، فإن

المكتوب على الورقة بمحلول كلوريد الكوبلت يمكن اظهاره بواسطة الأسيتون ودون اللجوء الى التسخين . وهذا ما ستقوم به فعلا : امسح الورقة المكتوبة بقطنة مبللة بالأسيتون وستكون النتيجة كما هي بعد التسخين .

واليك تجربة أخرى على الكتابة دون ريشة ودون حبر أيضا : ابسط ورقة مغمضة (كالورقة التي يلف بها الشوكولاتة) وثبتها بدبابيس كباسة على لوح خشبي ، اربط أحد الدبابيس بالقطب السالب للبطارية وأوصل القطب الموجب بمسمار نظيف ، بلل ورقة بيضاء للكتابة بمحلول عديم اللون تقريبا من ملح الطعام ومضاف اليه الملح الدموي الأحمر $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ، ضع ورقة الكتابة هذه فوق الورقة المغمضة والمساها بالمسمار فيظهر عليها أثر أزرق وتعليل ذلك أن الايونات Fe^{3+} تتفاعل أثناء التحليل الكهربائي مع الملح الدموي الأحمر وتشكل ملحاً يسمى بأزرق تيرنيل $\text{Fe}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_4$ ، وينفذ هذا الملح الى الورقة ويثبت في أليافها . وإذا استعملنا ثيوسيانات البوتاسيوم KSCN أو ثيوسيانات الأمونيوم NH_4SCN عوضا عن الملح الدموي ظهر على الورقة أثر أحمر ، وليس أزرق ، نظرا لتشكيل ثيوسيانات الحديد ذي اللون الأحمر .

ولا تجرى هذه التجارب على ورق الكتابة فحسب ، وإنما يمكن اجرائها بنجاح على قطع من القماش الأبيض النظيف . ان كشف المخفى واطهاره نقطة هامة في الكشف عن الجرائم . ويقال أن المجرم يترك دوما آثارا في مكان الجريمة ، ولكنها لا تكون ظاهرة دوما . ويفتش رجال المباحث الجنائية ، قبل كل شيء ، عن بصمات الأصابع لأنها تختلف من شخص

الى آخر كما تختلف وجوه البشر ، وطبيعى أن يطلق هؤلاء الرجال طرائق دقيقة جدا مستعينين بمواد ملائمة تسمح بكشف البصمات ولو كانت خفيفة جدا . أما نحن ، فسنستعمل طريقة غير دقيقة جدا ولكنها بسيطة وسهلة .

حضر مزيجاً من كميتين متساويتين من الطلق (ميثاسلكات المنسبيوم الحمضية) وهباب الفحم (رباع الطلق في الصيدليات ، أما هباب الفحم ، فيمكنك تحضيره كما جاء في فصل الأصبغة) . اذفر على اصبعك كى يتبلل قليلاً ثم ابصم على ورقة نظيفة ، فلن تلاحظ أى أثر لبصمتك ، ولكن اذا رش المزيج السابق على مكان البصمة وفرش عليه بفرشاة ناعمة (أو يكفي أن نهز الورقة قليلاً) ثم رشت كمية زائدة منه ظهرت بصمة الأصبع بجلاء على الورقة . فقد بقيت على الورقة آثار دهنية مخفية امتزجت عليها حبيبات المزيج الأسود .

يمكن اجراء هذه التجربة على أدوات وسطوح مختلفة ، كجريدة قديمة أو علبة كرتون أو كأس من البلاستيك أو الزجاج . ففي الحالة الأخيرة (أى كأس الزجاج) يفضل أن تكون كمية الطلق أكبر من كمية الهباب كى يكون الالتصاق أفضل . فبعد أن يزال الفائض من المزيج من على سطح الزجاج يجب تسخين الكأس تسخيناً خفيفاً ، فتظهر البصمات عندئذ على السطح الشفاف بجلاء ووضوح أكبر .

«ألعاب سحرية» بسيطة

يمكن عرض التجارب السابقة كألعاب سحرية : ويكون الانطباع أقوى والاثارة أشد عندما تعرض هذه الألعاب تباعاً

مع احاطتها بالسرية والقيام ببعض الحركات «بالعصا السحرية» والتمثلة بتعويذات وكلمات غير مفهومة .

ولن نكشف عن المغزى الكيمايى لهذه الألعاب السحرية (فهو ليس معقداً كثيراً) ، بل عليك أن تبحث عنه بنفسك ، وعندئذ ستحصل على معلومات مفيدة لك وستقوم بتسليّة الآخرين في الوقت ذاته .

ولا داع هنا للتقيد تقيداً تاماً بالنسب الكمية . ولتقدير كمية الكواشف وعدم اللجوء الى الوزن في كل مرة حاول أن تصنع من الخشب ملاعق قياسية تستوعب كل منها حوالى عشر مليغرامات من الكاشف الجاف ، ويمكن الاستفادة من الملاعق البلاستيكية التى توضع مع بعض العقاقير الطبية ، وسنبين لك في كل مرة عدد الملاعق الواجب أخذها .

وسنبداً بنحويل الماء الى حليب . ضع في كأس خمس ملاعق من كلوريد الكالسيوم وفي كأس آخر كمية مائلة من كربونات الصوديوم (صودا الغسيل) ثم صب الماء حتى يشغل حوالى ثلث حجم الكأس ، ولن يختلف عندئذ مظهر المحلولين عن مظهر الماء ، والآن اسكب أحد المحلولين على الآخر فيصبح السائل أبيض كالحليب تماماً . أضف قوفاً ، ودون اضاءة الوقت سدى : (والا توضع الراسب في القعر وسيرى الجميع أن ما حصلت عليه ليس حليباً أبداً) الى السائل فانضاً من محلول حمض الهيدروكلوريك ، فيفور «الحليب» قوفاً ويتحول الى «ماء» من جديد .

والآن سنحول الماء الى حليب والى خير أيضاً . وسحتاج الى ثلاثة كؤوس . ضع في الكأس الأول ملعقتين من كلوريد

الباريوم (أو الاسترنسيوم) وفي الكأس الثاني ملعقة واحدة من
التانين ، اسكب في كل كأس منهما نصف ملعقة صغيرة من
الماء ، فيذوب المسحوق الواقع في القعر بعد التحريك ، ويبدو
الكأس من بعيد وكأنه فارغ . وضع في الكأس الثالث خمس
ملاعق من كبريتات الحديد والأمونيوم $FeSO_4(NH_4)_2SO_4$
(ملح مور) ، واملاؤه بالماء حتى أعلاه تقريبا . فيصبح كل شيء
جاهزا لاجراء التجربة : خذ هذا الكأس الحاوي على ملح مور ،
واسكب منه على مرأى من المشاهدين قليلا من المحلول عديم
اللون في الكأسين السابقين «الفارغين» . فيتحول الماء فورا في
أحد الكأسين (حيث يوجد كلوريد الباريوم) الى «حليب»
والى «حبر» في الكأس الثاني .

واللعبة السحرية التالية ليست أصعب من اللعبة السابقة :
أذب في انبوب اختبار يحتوى على الماء ملعقتين من كلوريد
الكوبلت (استخدمت محلوله سابقا في الكناية السرية) . بلل
منديلا أبيض من القطن بهذا المحلول واتركه ليجف بعد ذلك
فيتلون بلون أزرق .

وتقوم هذه اللعبة على أنك تظهر المنديل الأزرق أمام
المشاهدين ثم تكومه وتجمعه في قبضة يدك ، وإذا نفخت عليه
عدة مرات وهو في الحالة فانه يتبلل ويصبح أبيض اللون من
جديد . ولا يبقى عليك الآن سوى أن تفتح يدك وتظهر للمشاهدين
المنديل وقد تحول لونه الى لون أبيض . وبالمناسبة يمكن استخدام
المنديل عدة مرات : فهو يعود ويترك بعد تجفيفه .

واللعبة السحرية الثانية تحتاج الى ثلاثة أملاح هي :
الملح الدموي وساليسيلات الصوديوم وملح مور . ولن نستهلك

من كل منها سوى القليل ، وبالتحديد ملعقة واحدة : أذب
كل ملح منها على حدة في انبوب اختبار مملوء حتى نصفه
بالماء . وينتخلص مبدأ هذه اللعبة في أن الملح الدموي الأحمر
يعطى مع ملح مور لونا أزرق بينما يعطى مع ساليسيلات الصوديوم
لونا أحمر . فإذا وضعت بقلم رصاص رسما ما على ورقة ثم
مسحت سطحه (بفرشاة) ليتبلل بمحلولين هما محلول الملح
الدموي الأخضر ومحلول ساليسيلات الصوديوم وتركته لينشف
فلن يلاحظ المشاهدون أن الورقة قد مسحت بشيء ما . والآن
علق الورقة «النظيفة» على الجدار ثم مرر على سطحها فرشاة مبللة
بمحلول ملح مور (يمكن أن تقول للمشاهدين بأنه مجرد ماء
عادي) فيتلون الرسم فورا باللونين الأحمر والأزرق .

واليك الآن «لعبة سحرية» تقليدية أخرى تقوم على إشعال
شمعة دون استعمال شعلة أو لهب ما . وأظنك تعرف مبدأ هذه
اللعبة ، ولكن الكثير يتوقف على كيفية اعدادها .

وننصحك أن تنصرف كما يلي : اطل انبوب اختبار زجاجي
من الخارج بالاستيارين أو البارافين كي يظهر شبيها بالشبعة ،
اغلق الانبوب بسدادة معدنية ذات ثقب يمر منه الفتيل (الذبالة) ،
اسكب في الانبوب قليلا من الكحول كي يتبلل الفتيل به ،
وبعدها اطل السدادة بالاستيارين أو البارافين أيضا بحيث يبقى
الفتيل وحده ظاهرا . وتصبح «الشمعة» جاهزة الآن .

وسيقوم بدور «العصا السحرية» هنا قضيب زجاجي عادي .
اغمس نهاية القضيب في مزيج من برمنجنات البوتاسيوم وحمض
الكبريتيك ، (يجب تحضير كمية قليلة جدا من هذا المزيج
بحيث تكفى لاجراء تجربة واحدة فقط ، ولا يجوز لمس المزيج

باليدين أبدا) وحاول أن يعلق عليه قليل من المزيج .
ولا يبقى عليك الآن سوى أن تقوم بحركات سحرية
وتلفظ ببعض التعاويذ غير المفهومة ثم تقرب القضيب من
الفتيل حتى يلمسه فيشتعل طرفه فورا .

تبدو «الألعاب السحرية» القائمة على تغير اللون أكثر إثارة
عندما يستعاض فيها عن المحاليل المائية بمحاليل لزجة وغلظته
القوام . ويستعان بسليكات الصوديوم لجعل المحلول لزجا
وغلظا ويسمى محلولها المائي بالزجاج السائل ، كما ويصلح
هنا الصمغ السايكاثي المخفف مرتين بالماء .

اسكب في كأس زجاجي قليلا من محلول كلوريد الكالسيوم
وأضف إليه نقطتين من الفينولفتالين ، اسكب في كأس آخر
محلولاً من سليكات الصوديوم ، وما أن تصب المحلول الأول
في هذا الكأس وتخض المزيج قليلا حتى يصبح ، بالطبع ،
أحمر اللون . والأطرف من ذلك أنه يصبح غليظ القوام كالهلام
أو البالوظة (الجيليه) المصنوعة من الفواكه . وعوضا عن كلوريد
الكالسيوم ، يمكن أخذ ثلاث ملاعق قياسية من كبريتات
المغنسيوم (وهو ما يسمى بالملح المر ، ويباع في الصيدلية)
وغمرها بالماء ثم خضها واضافة عدة نقاط من محلول سليكات
الصوديوم إليها . وبعد التحريك والمخض تتكون هنا بالوضه لونها
وردي باهت .

يمكنك «رسم» لوحات سحرية بواسطة الهلام السايكاثي
الملون . ارسم على ورقة شكلا ما ، وامسح الأماكن التي يجب
أن تكون ملونة فيه بمحلول الفينولفتالين عديم اللون ، بلل ورقة
أخرى بمحلول سليكات الصوديوم (وهو عديم اللون أيضا) ،

اضغط الورقتين على بعضهما واطرهما على هذا الحال بضع
دقائق ، (يمكنك استغلال هذا الوقت في اجراء تجربة أخرى)
ثم افصلهما بحذر عن بعضهما ، فتصبح اللوحة حمراء .
والمطلعون على خفايا الكيمياء لا يندهشون من ذلك ، لأنهم
يعلمون أن محاليل سليكات الصوديوم ذات تفاعل قلوي .

واليك أخيرا التجربة التي وعدتلك بها ، وهي تحويل «الماء»
الى «دم» . خذ وعاء من زجاج عاتم غير شفاف (ويمكنك أن
تلتصق ورقة ملونة على الجدار الخارجى لزجاجة عادية وأن تكتب
عليها ، زيادة في الاثارة ، بعض التعابير والرموز غير المفهومة
لاضفاء طابع «السحر» على التجربة) ، واسكب فيه ماء .

حضر عدة كؤوس نظيفة . والواقع أنه تكفى ثلاثة كؤوس
فقط . ولكن يمكنك أن تأخذ خمسة أو ستة كؤوس كى تحدث
انطباعا عند المشاهدين بأن التحولات معقدة جدا . ضع في أحد
الكؤوس أربع ملاعق من كبريتات البوتاسيوم الحمضية أو نقط
فيه عدة نقاط من حمض الخليك وضع اشارة على هذا الكأس
(محاولا ألا يراك أحد من المشاهدين) كى تستطيع تمييزه فورا
عن الكؤوس الأخرى ، ضع في كأس ثان ملعقة من كربونات
الصوديوم التجارية وفي كأس ثالث بضع نقاط من محلول
الفينولفتالين . أضف قليلا من الماء الى الكأسين الأول والثاني
وحرك المزيج كى تذوب المادة الصلبة فيهما ، والآن أصبح كل
شئ جاهزا لعرض هذه اللعبة السحرية على المشاهدين ، املاء
الكؤوس بالماء من الوعاء الزجاجي فلن يحدث شيئا ، اسكب
محتويات الكأسين الثانى والثالث فى الوعاء ، فيصبح السائل

فيه ذا لون أحمر كالدّم ، وسيؤكد المشاهدون من ذلك عندما تعيد هذا السائل الى الكأسين مرة أخرى .
والآن اسكب محتويات الكؤوس الثلاثة (بما في ذلك الكأس الأول) في الوعاء الزجاجي ، فيزول اللون ويتحول «الدّم» الى «ماء» يمكنك أن تعيده الى الكؤوس . وهذه التجربة ليست معقدة ولكنها مثيرة حقا خاصة اذا ما رافقتها بعض التعاويذ والحركات السحرية .

ساعة كيميائية

لاحظت في التجارب السابقة التي تشبه «الألعاب السحرية» كيف أن المحاليل عديمة اللون تلوّنت فورا بألوان مختلفة وكان «عصا سحرية» قد أمرتها بذلك . والواقع أن التفاعلات الكيميائية تجري بسرعة كبيرة وتبدأ ، بوجه عام ، بعد خلط المواد المتفاعلة مباشرة . ولكن ، هناك شذوذ عن هذه القاعدة ، فالمزيج المتفاعل يمكن أن يبقى عديم اللون فترة من الزمن وبعدها يتلون فورا . وقد تستمر هذه الفترة خمس أو عشر ثوان ؛ وبإمكانك أن تنظم «ساعة كيميائية» لتعيين الوقت اللازم .

حضّر محلولين: توكيب الأول منهما كما يلي : ٣.٩ غم من يودات البوتاسيوم KIO_3 في لتر من الماء وتركيب الثاني : ١ غم من كبريتيت الصوديوم Na_2SO_3 و ٠.٩٤ غم من حمض الكبريتيك المركز (كن حذرا أثناء التعامل به) وعدة مليترات من مطبوخ الشاء في لتر من الماء أيضا . ويكون المحلولان عديما اللون وشفافين .

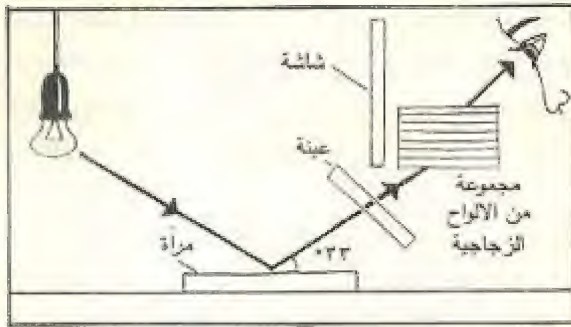
خذ ١٠٠ ملل من كلا المحلولين ثم اسكب بسرعة المحلول الثاني على المحلول الأول ، ويفضل أن تجري هذه التجربة مع

زئبلك ، وأن تكلفه بتعيين الزمن بواسطة عداد الثواني أو ساعة ذات عقرب للثواني حالما تقوم بسكب المحلول وبعد ست أو ثمان ثوان (يتعلق الزمن بدرجة الحرارة) يتلون المحلول فورا بلون أزرق غامق قريب من اللون الأسود .

والآن خذ من جديد ١٠٠ ملل من المحلول الثاني ثم خذ ٥٠ ملل من المحلول الأول وأضف إليها حجما مماثلا من الماء ، اسكب المحلول الثاني على الأول وستلاحظ من عداد الثواني أن الفترة بين لحظة سكب المحلولين وظهور اللون قد ازدادت مرتين .

وأخيرا امزج ١٠٠ ملل من المحلول الثاني مع ٢٥ ملل من المحلول الأول بعد تخفيفها بالماء أربع مرات أى حتى يصبح حجمها ١٠٠ ملل أيضا وستلاحظ أن «الساعة الكيميائية» تستشير الى زمن أطول بأربع مرات من الزمن المسجل في التجربة الأولى . تبين هذه التجربة أحد القوانين الأساسية في الكيمياء وهو قانون فعل الكتلة ، وينص هذا القانون على أن سرعة التفاعل تتناسب مع تراكيز المواد المتفاعلة . ولكن السؤال المطروح هنا هو : لماذا تلوّنت المحاليل فورا بعد مرور فترة من الزمن ، ولم تلوّن تدريجيا كما كان متظنرا ؟

يطرد حمض الكبريتيك ايون اليودات وايون الكبريتيت من أملاحها ، ويتكون عندئذ حمض يوديد الهيدروجين HI ولكن هذا الحمض لن يعمر طويلا وانما يتفاعل رأسا مع حامض اليوديك HIO_3 ويتكون من جراء ذلك اليود الحر . وهو الذي يعطي تفاعلا ملونا مع الشاء . ولو جرت الأمور على هذا المنوال لتلوّن المحلول تدريجيا مع تشكل اليود الحر ولكن ، هناك عملية أخرى



الطبقة عاتمة أضف إليها نقطة أو نقطتين من الماء ، اترك الصهارة لتبرد في الهواء ولاحظ من خلال عدسة مكبرة (وهذا أمر مستحق) كيف أنها تبدأ بالتبلور تدريجياً .

افرش على الطاولة ورقة سوداء وضع فوقها لوحاً زجاجياً رقيقاً ونظيفاً ، افتح المصباح الكهربائي واجلس وراء الطاولة بحيث تستطيع من خلال رزمة الألواح التي تمسكها بيديك رؤية المصباح على اللوح الرفيع الموضوع على الطاولة . غير وضع الرزمة بتقريبها أو إبعادها عن الطاولة واختر الوضع الذي تختفي عنده صورة المصباح على اللوح ، ويفضل أن ينظر إلى الرزمة من خلال زاوية حادة . ويجب وضع حاجز بين الرزمة والمصباح كي يحجب الضوء الصادر عن المصباح مباشرة ؛ خذ بيدك الأخرى اللوحين المتصقين ببلورات ثيوكيريتات الصوديوم وضعهما على مسار الضوء ثم اختر الوضع المناسب (بتدويرهما أو ميلهما) وشاهد عندئذ قوس قزح جميل جداً .

ان تفسير هذه التجربة سينقلنا من عالم الظواهر الكيميائية إلى عالم الظواهر الفيزيائية . وسكتفي هنا بالحديث عن كيفية

تجري في الوقت نفسه ، وهي أن حمض الكبريت H_2SO_4 يتفاعل مع اليود الحر ويتكون من جراء ذلك حمض يوديد الهيدروجين من جديد ويكون هذا التفاعل أسرع من التفاعل الأول . فما أن يحاول اليود تلويين النشاء حتى يختزل من جديد ويتحول إلى IO_3^- .

فهل يعني ذلك أن اللون لن يظهر أبداً ؟ كلا . ولكن لاحظ أن حمض الكبريت يستهلك باستمرار أثناء التفاعل ، وعندما يتحول كله إلى حمض الكبريت لن يبقى أمام اليود أي شيء يعيق تفاعله مع النشاء وعندئذ يتلون المحلول كله فوراً . ويتخفيفك المحلول مرتين ثم أربع مرات تكون قد خفضت تركيز يودات البوتاسيوم وجعلت سرعة التفاعل تنخفض مرتين ثم أربع مرات أيضاً . وأظن أننا صرفنا وقتاً على تحليل التجربة أكبر من الوقت الذي استغرقته التجربة نفسها .

قوس قزح من دون شمس

كثيراً ما تطبق الطرائق البصرية في الأبحاث الكيميائية فالظاهرة التي سنراقبها الآن تستخدم لتحديد درجة انصهار المواد . حضر من زجاج رقيق حوالي ١٥ لوحاً على شكل مربعات أبعادها 5×5 سم ، ضع عشرة منها فوق بعضها بحيث تشكل رزمة واحدة واربطها من طرفها بشرائط عازلة كي لا تنفصل عن بعضها البعض . ضع على سطح أحد الألواح المتبقية قليلاً من ثيوكيريتات الصوديوم ثم سخنه بلطف كي تنصهر البلورات ، سخن لوحاً آخر ثم ضعه فوق البلورات المصهورة فتتكون بين اللوحين طبقة رقيقة شفافة من الملح المصهور . وإذا ظهرت هذه

استخدام هذه الرزم (وهي تدعى بالرزم الاستقطابية) لتعيين درجة الانصهار . لا يظهر قوس قزح الذي شاهدتموه الا في البلورات . ولكن عندما تسخن المادة الصلبة تدريجيا فان قوس قزح هذا يختفي في اللحظة التي تبدأ فيها هذه المادة بالتحول الى حالة سائلة .

محاليل مضيئة

يتحول قسم من الطاقة الى ضوء أثناء حدوث بعض التفاعلات الكيميائية ويسمى هذا التحول عندئذ بالضياءية الكيميائية . وأحيانا تحدث الضياءية الكيميائية في الأجسام الحية وأكبر دليل على ذلك اليراعة (وهي حشرة تضيء في الظلام) المعروفة للجميع . ومن ناحية أخرى يظهر ضياء ضعيف أثناء أكسدة بعض المركبات العضوية أيضا . وبإمكانك أن تشاهده في تجربة أكسدة الهيدروكينون . ومن الضروري أن تجرى المرحلة الأخيرة من هذه التجربة في الظلام حتى يظهر الضياء على نحو أفضل . أذب ١ غم من الهيدروكينون و ٥ غم من كبريتات البوتاسيوم في ٤٠ ملل من الفورمالين (وهو محلول مائي للفورمالدهيد) ، اسكب المزيج في حوالة كبيرة أو زجاجة لا يقل حجمها عن اللتر .

حضر في وعاء صغير ١٥ ملل من محلول مركز لثيوكبريتات الهيدروجين ، ويمكن أن تستعمل لهذا الغرض أيضا حبات الهيدروبيزيت (وهي مركب من فوق أكسيد الهيدروجين والكرباميد الذي لا يعرقل وجوده سير التجربة) ، ضع الوعائين في غرفة مظلمة وبعث يكوئان في تناول يديك عند الحاجة . وبعد أن تعود عينك على الظلام أضف محلول فوق الأكسيد الى

الوعاء الكبير ، فيبدأ المزيج حالاً بالفوران (ولهذا السبب طلبنا منك أن تأخذ وعاء كبيراً) ويظهر ضياء يرتقلى واضح . ان الطاقة الكيميائية التي تنطلق أثناء أكسدة الهيدروكينون بواسطة فوق أكسيد الهيدروجين في وسط قلوي تتحول كلها تقريباً الى طاقة ضوئية وليس الى طاقة حرارية كالمتعاد . ومع ذلك فالحرارة تنتشر أثناء التفاعل وتجعل الفورمالدهيد يتبخر قليلاً . وباعتبار أن رائحته كريهة فلا يجوز الانحناء فوق الوعاء ويجب تهوية الغرفة فور الانتهاء من التجربة .

والضياء لا يظهر أثناء الأكسدة فحسب ، وانما يظهر أثناء التبلور أحيانا . وهذه ظاهرة معروفة منذ زمن بعيد وبإمكانك أن تشاهدها الآن . وأبسط عينة هنا هي ملح الطعام . أذب كمية منه في الماء بحيث تبقى على قعر الكأس بلورات غير منحلّة ، اسكب المحلول المشبع الناتج في كأس آخر وأضف اليه بواسطة الماصة نقطة فنقطة من محلول حمض الهيدروكلوريك المركز . عندئذ يبدأ الملح بالتبلور وتنطلق شرارات صغيرة في المحلول محدثة ضياء يمكن ملاحظته جيدا في الظلام .

وتسلك بعض الأملاح الأخرى مثل كلوريد البوتاسيوم وكلورات الباريوم سلوكاً مماثلاً أثناء التبلور وفي جميع الحالات لا تظهر الشرارات الا عند اضافة حمض الهيدروكلوريك . ولعل أكثر التجارب إثارة في هذا المجال هي التجربة التي يستعمل فيها من كبريتات الصوديوم والبوتاسيوم : امزج ٢٠٠ غم من ملح كبريتات البوتاسيوم مع ٨٠ غم من كبريتات الصوديوم ثم أضف الى المزيج على دفعات صغيرة ماء جارا وبعد أن تذوب جميع البلورات اترك المحلول ليبرد في غرفة عاتمة وستلاحظ أنه ستنظر

ضياء الأجسام الصلبة

برق محلول برومات الباريوم ، الذى حضرته فى التجربة السابقة ، حتى درجة حرارة الغرفة فتترسب عندئذ بلورات بيضاء من الملح وعندما يصبح عددها كافيا اسحقها بقضيب زجاجى فيظهر وميض من الضوء أثناء السحق ، (وقد لا يظهر من أول مرة لأن العملية تحتاج الى خبرة) . فما هو تحليل هذه الحادثة طالما وأن العمليات الكيميائية قد توقفت قبلها وانتهت عملية التبلور أيضا ؟

الواقع أن السبب مختلف هنا تماما ، والوميض ينشأ عن الاحتكاك ، إذ هناك مواد تتأثر كثيرا بالاحتكاك وتبدأ بالضياء فى الظلام ليس فقط أثناء سحقها وإنما لمجرد خضها أيضا . صحيح أن هذه المواد ليست متوفرة دوما ولكنها قد توجد فى مخبر المدرسة وتذكر منها مادتين الأولى كبريتيد الزنك ZnS المضاف اليه ٢٪ كبريتيد المنجنيز MnS والثانية كبريتيد الكادميوم CdS . ومن ناحية أخرى هناك بين المواد التى تصدر الضوء أثناء الاحتكاك مواد شائعة كثيرا ، كالسكر مثلا . ضع فى هاون كبير من الخزف قليلا من السكر ، ادخل الى غرفة مظلمة وانتظر عدة دقائق حتى تعود عينك على الظلام ، خذ مدقة من الخزف وابدأ بسحق السكر ببطء أولا ثم بحركة أسرع فأسمع . وسرعان ما تظهر شرارات زرقاء تشكلى حلقة مضيئة وإذا كان السحق بطيئا ظهرت الشرارات تحت المدقة هنا وهناك .

ويمكن تبسيط هذه التجربة بحك قطعة من السكر على سطح خشن فى الظلام وسترى عندئذ خطوطا مضيئة تختفى فورا بعد

فى أول الأمر شرارات ضعيفة جدا فى الدرجة ٦٠°م ولا يلبث أن يزداد عددها تدريجيا وإذا انتظرت حتى تترسب كمية كبيرة من البلورات شاهدت حمزة من الشرارات . وقد يستغرق انتظارك ساعة كاملة وعندما تقرب أذنتك من جدار الوعاء تسمع قرعقة كالرعد ولعل سبب الضياء هنا يعود الى تشكل الملح الثانى $2K_2SO_4 \cdot Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$.

احتفظ بالمحلول الحاوى على البلورات لأنه يمكن تكرار التجربة بعد انقطاع الضياء أيضا : حرك البلورات الواقعة تحت السائل بقضيب زجاجى أو هز الوعاء عدة مرات فتظهر الشرارات من جديد .

واليك تجربة أخرى يحدث فيها الضياء أثناء التبلور . وتتطلب تحضير برومات الباريوم $Ba(BrO_3)_2$ من مادتين أكثر توفرهما برومات البوتاسيوم $KBrO_3$ وكلوريد الباريوم $BaCl_2$. ولما كانت ذوبانية المادة الأولى منها ضعيفة لذا يجب أخذ محاليل مخففة يبلغ تركيزها ٣٪ تقريبا وعند تبريد المزيج المؤلف من محلولي المادتين المذكورتين يترسب الملح المطلوب : ولا تدوب عمليا برومات الباريوم فى الماء البارد . رشح المحلول ثم اغسل برومات الباريوم بالماء البارد وجففها ، خذ ٢ غم منها وأذنبها فى ٥٠ ملل من ماء غالى ورشح المحلول من جديد ، اترك الكأس الحاوى على المحلول ليبرد ليس فى درجة حرارة الغرفة ، وإنما فى درجة حرارة أعلى تبلغ ٤٠ - ٤٥°م (يفضل أن يوضع فى خزانة تجفيف) وستظهر فى المحلول عند هذه الدرجة شرارات زرقاء وستسمع قرعقة وكأن عاصفة قد حلت فى كأس كيميائى ...

ظهورها . ويعزى الضياء أثناء الاحتكاك الى شحنات كهربائية تنشأ أثناء تحطيم البلورات . ولهذا السبب يتوقف الضياء عندما تنتفت بلورات السكر نهائيا في الهاون وتتحول الى مسحوق ناعم ، فمسحوق السكر الناعم لا يعطى ضوءا بالاحتكاك .

باقة رائعة

سنقوم الآن بتحضير زهور ذات ألوان خيالية . وسنستخدم على خاصة عند بعض الأصبغة الطبيعية وهي قدرتها على تغيير لونها من وسط الى آخر . ونذكر هنا أن هذه الخاصة هي التي ساعدتنا على الحصول على الأدلة من النباتات .

هناك قصيدة للكاتب الانكليزي رديارد كيبلينغ عنوانها «ورود زرقاء» ، وتتحدث عن شاب قدم لفتاة باقة من الورد الأحمر فرفضتها . وراح يطوف بحثا عن ورد أزرق فلم يعثر عليه في أى مكان . فكما لا يوجد سوسن أصفر أو نرجس أحمر كذلك لا يوجد ورد أزرق . ومع ذلك ، فيمكننا رؤية هذا الورد بأمر عيني .

انزعج في كأس أو قارورة ٥٠ مليل من الاثير الطي مع حجم مماثل من محلول النشادر المركز . وهذا هو الكاشف المخصص لتحضير باقة رائعة . وأرجو ألا تنس بأن أبخرة الاثير سهلة الالتهاب ، وعليه فلا يجوز أن يكون بالقرب من القارورة أى مصدر للنار . وبالإضافة لذلك ، فإن لكل من المحلولين السابقين رائحة واخزة الأمر الذى يتطلب اجراء التجربة تحت نافذة سحب الغازات أو في الهواء الطلق عند الضرورة .

ضع الزهرة التى تريد تغيير لونها فوق الوعاء الحاوى على

هذين السائلين ، فبتغير لونها بعد فترة من الزمن (تختلف هذه الفترة حسب نوع الزهرة ولهذا يجب تعيينها عمليا) . وتعليل ذلك أن السائلين المذكورين طياران . ولهذا تقوم أبخرة الاثير باستخلاص صباغ الزهرة من الخلايا النباتية ، أما أبخرة النشادر ، فتؤمن وسطا قلويا في البتلات . ولهذا تغير الأصبغة لونها كما تفعل ذلك الأدلة المستعملة في المخابر .

وبمعالجة عدة زهور مختلفة بهذه الطريقة يمكنك الحصول على باقات غريبة جدا . وإذا أردت أن يندھش أصدقائك من هذه الزهور الغريبة فلا بد أن تحضرها قبل فترة قصيرة من عرضها عليهم لأن الزهور التى تعالج بمزيج من النشادر والاثير تذبل وتزوى بسرعة . وكان من المفروض أن يعود لون الزهور الى أصله فى وسط وبفعل أبخرة حمض ما . ولكن الأمر ليس كذلك مع الأسف : ففي الزهور تجرى عمليات لا عكوسة أيضا تعيق عودة اللون الى أصله فى أكثر الأحيان .

الرؤية أفضل

التجارب والظواهر أمر هام جدا ولكن الأهم من ذلك هو تحليلها وتوضيح جوهرها .

تجارب على الأنزيمات - الأوكسيداز والبيروكسيداز

تجرى في خلايا النباتات والحيوانات باستمرار عمليات كيميائية معقدة تنظمها وتتحكم بها مواد هروينية تدعى الأنزيمات . ونذكر مرة أخرى بأن الأنزيمات تلعب دور الوطاء (المواد الحفازة) في التفاعلات الكيميائية التي تحدث في الخلايا . وتحتاج دراسة مثل هذه العمليات البيوكيميائية (الكيميائية الحيوية) الى أجهزة معقدة وتتطلب الكثير من الكواشف والمواد الكيميائية المختلفة ومن ناحية أخرى ، فان بعض الظواهر البيوكيميائية يمكن أن يشاهد ، كما يقال ، بالعين المجردة .

ولنبدا بالأنزيمات المؤكسدة - الأوكسيداز والبيروكسيداز . فهي توجد في الكثير من الأنسجة الحية لأن الأكسدة هي أساس عمليات التنفس ، ولكن تأثيرها مختلف : فالأوكسيدازات تؤكسد المواد العضوية بواسطة أكسجين الهواء بينما تضطر البيروكسيدازات لتحقيق ذلك الى «اقتناص» الأكسجين من البيروكسيدات (فوق الأكاسيد) . وطبيعى أن المواد تتأكسد ببطء دون مساعدة الأنزيمات ، ولكن الأنزيمات تسرع تفاعل الأكسدة هذه عدة آلاف من المرات . تتكون مواد ملونة أثناء أكسدة بعض المواد ، كالفنول والهيدروكينون مثلا ، ويعنى ظهور اللون أن الأنزيم قد قام بدوره . أما شدته (أى شدة اللون) ، فتعطي فكرة عن كمية نواتج الأكسدة . وبإدراك عدم ظهور اللون على أن الأنزيم خامل وغير نشيط . وقد يحدث ذلك عندما يكون الوسط حمضيا جدا

تدرون في المدرسة النظريات الكيميائية وتقومون في المخبر بالتأكد من صحتها . ولكن هل يمكن التأكد من صحة جميع المبادئ النظرية أثناء الدروس العملية ؟ لا أظن أن الوقت يكفى لذلك . بالإضافة الى أن الكثير منها معقد جدا وليس من السهل أبدا اثبات صحته تجريبيا . ومع ذلك ، فبعض الظواهر : وهو معقد في طبيعته ، يمكن أن يلاحظ في المخبر وحتى في البيت ويمكن التعرف عليه تجريبيا وليس عن طريق كتاب الكيمياء فقط .

تتطور الكيمياء الحيوية بسرعة في الوقت الحاضر وبإمكانك الاطلاع على التحولات الكيميائية الحيوية . لقد سمعت حتما بالخللايا (البطاريات) الشمسية التي تحول الطاقة الشمسية الى طاقة كهربائية . وأؤكد لك أنك تستطيع بنفسك صنع مثل هذه البطاريات والحصول على تيار كهربائي منها . ويمكنك تحضير جزير اصطناعي وفصل مزيج من المواد في عمود الكروماتوغرافيا وصنع مادة نصف نافذة ثم التعرف على خواصها . وطبيعى أن يبقى الكثير من الظواهر والعمليات خارج نطاق إمكاناتنا لأننا لن نستطيع الاحاطة بكل شيء . ولكننا نأمل بأن ما ستطلع عليه في هذا الباب سيؤمن لك المادة اللازمة للتأمل والتفكير . ففروية

أو قلوبا جدا أو عند عدم توفر مصادر للتزود بالأكسجين أو في حال وجود مواد مضرة بالأنزيمات تسمى بالمثبطات .

ولنتقل بعد هذه المقدمة القصيرة الى التجارب نفسها .
وسنحتاج الى المواد التالية : ساق (لب) الملفوف (الكرب) ونفاعة وحب بطاطس عليها براعم وبصلة نمت في الظلام ولها جذور والكواشف اللازمة هنا هي : ماء مغلي بارد ، وبفضل عليه الماء المقطر في حال وجوده ، والهيدروكينون وفوق أكسيد الهيدروجين الذي يباع في الصيدليات تحت اسم الماء الأكسيجيني ويجب أن تتوفر لديك مباشرة للخضار ومغسل مائي وأنايب اختيار ومصاصات نظيفة وشاش أو قماش أبيض .

ولنبدا بتجربة على عصير الملفوف (الكرب) : خذ قطعة من ساق الملفوف وزنها حوالي ٢٠ غم وابشرها على المبشرة ، اعصر الناتج ضمن طيفتين من الشاش أو طبقة من القماش وأجمع العصير في كأس ثم خففه بالماء عشر مرات . وثلفنت انتباهك الآن الى أنه عند اجراء التجارب على عينات نباتية أخرى لا يجوز تخفيف العصير أكثر من مرتين أو ثلاث مرات .

رقم ستة أنايب اختيار جافة ونظيفة ، اسكب في كل من الأنابيب ذات الأرقام ١ و ٢ و ٣ و ٤ مليلترا واحدا من عصير الملفوف المخفف ، ضع الأنبوبين ١ و ٢ في مغسل من الماء الغالي لمدة خمس دقائق وذلك لتخريب الأنزيمات ثم اتركها لتبرد بعد ذلك حتى درجة حرارة الغرفة ، اسكب في كل من الأنبوبين ٥ و ٦ مليلترا واحدا من الماء ، أضف الى الأنابيب الستة كلها قليلا من الهيدروكينون وبعد ذلك نقط في الأنابيب ١ و ٣ و ٥ خمس نقاط من الماء وفي الأنبوب رقم ٦ خمس

نقاط من بيروكسيد الهيدروجين ، ثم اخلط جيدا محتويات كل انبوب .

وبعد مرور خمس عشرة دقيقة تظهر نتائج التجربة وتنصحك بأن ترتب هذه النتائج في جدول تدون فيه أرقام الأنابيب وتركيب المزيج في كل منها ، ثم سجل في العمود المقابل وأمام كل مزيج ما اذا تغير اللون أثناء التجربة . واذا تغير ، فيكيف ؟ واكتب في العمود الثالث النتيجة وهل حدث تفاعل أكسدة أم لا ؟ وبعد أن تنتهي من اعداد الجدول حاول أن تحلل النتائج التي حصلت عليها وأن تجيب عن الأسئلة التالية :

هل يستطيع بيروكسيد الهيدروجين أكسدة الهيدروكينون في غياب عصير الملفوف ؟

هل يتأكسد الهيدروكينون بفعل عصير الملفوف ودون اشتراك بيروكسيد الهيدروجين ؟

هل تحافظ الأنزيمات على نشاطها في العصير بعد غليه ؟
أى نوع من الأنزيمات المؤكسدة - الأوكسيدات أم البيروكسيدات - يوجد في عصير الملفوف ؟

ولكن من السابق لأوانه أن تستخلص نتائج نهائية من تجربة على نباتات من نوع واحد ولهذا لابد من اجراء تجارب أخرى على حبة البطاطس والنفاعة والبصلة . ونذكرك مرة أخرى بأن العصير المحضر منها كلها يجب أن يخفف مرتين أو ثلاث مرات لا أكثر .

وبعد الانتهاء من اجراء هذه التجارب يمكن تحديد المادة التي تكون فيها الأنزيمات المؤكسدة أنشط منها في المواد

الأخرى . وهل تعتقد بأن الأوكسيدات والبيروكسيدات يمكن أن تتواجد معا وفي آن واحد في الأنسجة النباتية ؟ حاول أن تجيب بنفسك عن هذا السؤال ، ودون أن تلجأ الى الكتب ، ثم تأكد من صحة اجابتك :

النتيجة الأولى : يستطيع بيروكسيد الهيدروجين أن يؤكسد الهيدروكينون تدريجيا في غياب العصير : يظهر ببطء في الأنبوبين ٥ و ٦ لون وردي وهذا يعني أن الأنزيم ليس ضروريا للتفاعل . فالأنزيمات ، كغيرها من الوسائط «الحفازات» تسرع فقط للتفاعل عدة مرات ، وقد لاحظت طبعاً كيف أن اللون ظهر بسرعة في الأنبوب ٤ ، ومن ناحية أخرى ، فإن البيروكسيدات لا تستطيع تسريع تفاعل الهيدروكينون مع أكسجين الهواء (لا يظهر لون في الأنبوب ٣ أو ربما يظهر ببطء شديد جداً) .

النتيجة الثانية : يمكن تحريب الأنزيم بمجرد غلي المحلول لفترة قصيرة . ففي الأنبوب ٢ لن يظهر اللون عملياً . والمعروف أن الأنزيمات مواد بروتينية تنحثر أثناء التسخين ولهذا تظهر في الأنبوبين ١ و ٢ مخثرات بروتينية .

النتيجة الثالثة : لن يظهر لون في الأنبوب ٣ وهذا يعني أن عصير الملفوف يحتوى على البيروكسيدات فقط التي لا تسرع أكسدة الهيدروكينون الا في وجود بيروكسيد الهيدروجين . ومن ناحية أخرى ، فإن اللون يظهر في تجربتي حبة البطاطس والنفاح ، والأكثر من ذلك أنه يظهر بسرعة أثناء خفض الأنبوب ، أى عندما يغنى المحلول باكسجين الهواء . وهذا يعني أن البطاطس والنفاح يحتويان على أوكسيدات (وبالتحديد فنول أوكسيداز) تساعد على أكسدة الهيدروكينون باكسجين الهواء وهذا هو السبب

في أن النفاحة وحبة البطاطس تسودان بعد فصلهما في الهواء لاحتوائهما على مواد قريبة للهيدروكينون . والأوكسيداز يفقد نشاطه أثناء التسخين أيضاً . تذكر : هل تسود حبة البطاطس المسلوقة ؟ وأخيراً النتيجة الرابعة : تحتوى النفاحة وحبة البطاطس على أوكسيدات أيضاً لأنه عند اضافة البيروكسيد في الأنبوب ٤ يظهر اللون بسرعة أكبر . ولا تحتوى البصلة على الأوكسيداز ، فهي لا تسود في الهواء حتى مع الهيدروكينون .

وبالمناسبة : فهل انتهت الى أن الأنزيمات المؤكسدة تكون أكثر نشاطاً في الأجزاء النامية أو المهيئة للنمو في النباتات كالجنود المتفرعة عن البصلة والبراعم المنتشرة على حبة البطاطس ؟ فهنا تكون عملية التمثيل الغذائي نشط منها في الأجزاء الأخرى من النبات .

وهكذا نكون قد أوضحنا بأن الظروف ليست جميعها ملائمة لعمل الأنزيمات . فإذا كان التسخين الشديد يخرّب الأنزيمات ، فهل يكون نشاطها أقوى في درجة حرارة منخفضة ؟ وستحقق من هذا أيضاً . وتحتاج التجربة هنا الى أربع زجاجات سعة كل منها لتر تقريباً وإلى جليد أو ثلج (كيلوغرام واحد تقريباً) ، وسنجرّيها على لب الملفوف .

ابشر لب الملفوف على المبشرة ، اعصر الناتج ضمن شباش أو قماش ثم خفف العصير عشرين مرة بالماء ، رقم الأنبوب في حال زوال الترقيم السابق ، ثم اسكب في كل من الأنبوبين رقم ١ و ٢ و ٣ و ٤ مليترا واحداً من عصير الملفوف المخفف ، وأضف إليها على طرف سكين قليلاً من الهيدروكينون ، اسكب في كل من الأنبوبين ٥ و ٦ مليترا واحداً من الماء بدلاً من

العصير ، ثم أضف إليها الهيدروكربون . وبعد ذلك ضع الأنبوب حسب الترتيب التالي : الأنبوب رقم ١ في زجاجة تحتوى على ملح أو جليد والأنبوب رقم ٢ في زجاجة تحتوى على ماء فاتر (٤٠°م) والأنبوب رقم ٣ في زجاجة تحتوى على ماء ساخن (٦٠°م) واترك الأنبوب رقم ٤ على الطاولة في درجة حرارة الغرفة وضع الأنبوب رقم ٥ في زجاجة تحتوى على ماء غال وأخيرا اترك الأنبوب رقم ٦ في درجة حرارة الغرفة . وبعد مرور خمس دقائق على بدء التجربة نلقط في كل أنبوب ، مبتدئا بالأنابيب الأكثر برودة ، خمس نقاط من بيروكسيد الهيدروجين ، خض المزيج بحذر وعين زمن بدء التفاعل وبعد مرور خمس دقائق اسحب الأنابيب من الزجاجات وسجل نتائج التجربة في جدول كما في التجربة السابقة ، ثم حاول أن تناقش ما حصلت عليه وأن تضع النتائج بنفسك بعد أن تعجب عن الأسئلة التالية :

هل يتسرع تفاعل الأكسدة عند ارتفاع درجة الحرارة ودون أن يضاف الأنزيم ؟

هل يمكن القول بأن الانزيمات تعمل على نحو أفضل أثناء التبريد ؟

ما هي درجة الحرارة الأكثر ملاءمة لعمل البيروكسيداز ؟ لماذا تبقى المواد الغذائية في التلاجة (البراد) فترة أطول دون أن تتعرض للتلف ؟

ما هو الهدف من غلي الحليب ؟

لماذا تعتبر الحيوانات الثابتة الحرارة - الطيور والثدييات -

أكثر الحيوانات على الأرض نمواً وحيوية ؟

هل أجبت عن هذه الأسئلة جميعها ؟ اذن ، فإليك تفسيرنا وتعليمنا :

لعلك لاحظت أن سرعة أكسدة الهيدروكربون بيروكسيد الهيدروجين ليست واحدة عند درجات الحرارة المنخفضة والمرتفعة ، فهي أعلى بالطبع في درجة حرارة موفقة . وتسهل البيروكسيدازات تفاعل الهيدروكربون مع البيروكسيد ويجرى هذا التفاعل في وجود الأنزيم حتى في درجة حرارة منخفضة ولكن كلما ارتفعت درجة الحرارة سهل عمل الأنزيم على تنشيط المواد المتفاعلة . ولكن لا يجوز أن يغيب عن ذهننا أن البروتينات تتشخر في درجة حرارة مرتفعة مما يؤدي الى انخفاض سرعة التفاعل . وهناك تعبير يستعمل في هذا المجال وهو درجة الحرارة المثلى لفعل الأنزيمات . وتعرف هذه الدرجة بأنها الدرجة التي يكون عندها نشط الأنزيمات أكبر ما يمكن . وهي تختلف من أنزيم الى آخر . ولكنها تتراوح بين ٤٠ و ٥٠°م عند معظم الأنزيمات بما في ذلك البيروكسيدازات . تفسد المواد الغذائية بفعل الأنزيمات الموجودة فيها أو التي تفرزها الكائنات الحية الدقيقة . ولكن نشاط الأنزيمات ينخفض في الجو البارد ، وهذا ما يجعل المواد الغذائية تبقى فترة أطول دون فساد عند وضعها في التلاجة .

ارتفعت الحيوانات الثابتة الحرارة الى أعلى درجات التطور . فهي قادرة على أن تجعل درجة حرارة الجسم مثالية وملائمة لنشاط الأنزيمات .

تجارب على الأنزيمات - الديهيدروجينازات

قمنا حتى الآن بإجراء التجارب على الأنسجة النباتية وسنحاول دراسة الأنزيمات التي تشترك في عمليات التنفس السيجي عند الحيوانات وهي : كما يشير العنوان ، تقوم بنزع الهيدروجين من المواد وتشاهدون كيف يتم ذلك بعد الأعداد للتجربة .
وهنا تحتاج الى المواد التالية : ٥ ملل من محلول مائي للفورمالدهيد تركيزه ٠,٥٪ (لتحضير هذا المحلول يؤخذ الفورمالين الذي يباع في الصيدلية ويخفف بالماء عشر مرات) و ٥ ملل من محلول مائي لأزرق الميتيلين تركيزه ٠,٠٢٪ (يمكن استعمال محلول مخفف من الجبر الأزرق) و ٥ ملل من محلول مائي لحمض السكسينك الذي يعدل بحذر بصودا الخيز حتى يتوقف انطلاق الفقاعات و ١٠ ملل من زيت نباتي أو زيت الفازلين ونحتاج الى ميزان حرارة (ترمومتر) وحليب بقر طازج ولحم دجاج أو أرنب .
وسنرى في البداية كيف يقوم الفورمالدهيد بأكسدة أنزيم الديهيدروجيناز الموجود في حليب البقر الطازج . وهنا يلزمنا صباغ أزرق الميتيلين كي تظهر الحادثة بوضوح : إذ أن الأنزيم المذكور يسحب ذرة هيدروجين من الفورمالدهيد ويحولها الى الصباغ الذي يختزل بسهولة ويزول لونه وفي الوقت ذاته يتأكسد الفورمالدهيد متحولا الى حمض الفورميك ، أما الصباغ الذي زال لونه بعد الاختزال ، فيمكن أن يتأكسد بسهولة بواسطة أكسجين الهواء ويصبح أزرق اللون بعد ذلك . وعليه يجب عزل المزيج المتفاعل عن الهواء بطبقة من الزيت .

وقم ستة أنابيب اختبار ، اسكب في الانبوبين ١ و ٢ خمسة مليترات من حليب طازج غير مغلي واسكب في الانبوب

٣ كمية مماثلة من حليب بارد مغلي ، سخن الماء في المغطس المائي حتى الدرجة ٣٧°م ، أضف الى كل انبوب من الأنابيب الثلاثة السابقة ٠,٥ ملل (حوالي ٥٠ نقطة) من محلول الفورمالدهيد و ٥ نقاط من محلول أزرق الميتيلين ، فيصبح المزيج أزرق اللون . صب في كل انبوب قليلا من الزيت كي تتكون طبقة رقيقة عازلة على سطح المزيج ، ضع الانبوبين ١ و ٣ في مغطس مائي واترك الانبوب ٢ في درجة حرارة الغرفة ، عيّن زمن بدء التفاعل وراقب تغير لون المحلول ولا تنس أن تدون النتائج في الدفتر .

وسنطرح عليك ، كما في السابق ، الاسئلة الموجهة التالية :

في أية درجة حرارة يزول لون المحلول بسرعة أكبر ؟

هل يحافظ الأنزيم على نشاطه في الحليب المغلي ؟

ماذا سيحدث عندما تنفخ الهواء خلال المحلول الذي زال

لونه ؟

اجر تجربة أخرى على أنزيم الديهيدروجيناز قبل التأكد من صحة الاستنتاجات التي توصلت اليها وبعدها سنبحث نتائج التجريبتين .

يوجد في عضلات الحيوانات أنزيم خاص يدعى ديهيدروجيناز حمض السكسينك ومهمة هذا الأنزيم هي حفز تفاعل تحول حمض السكسينك الى حمض القوماريك ونقل الهيدروجين المنزوع الى مادة ملائمة ، كأزرق الميتيلين مثلا . ويجري هذا التفاعل بدون الأكسجين ، وكما يقال ، في ظروف لا هوائية .

اقطع لحم الدجاج أو الأرنب (حوالي ١٠ غم) قطعاً صغيرة

وإبرشها على صحن صغير ، اغسل الهريسة الناتجة عدة مرات بالماء وهي موضوعة على شاش وذلك لازالة المواد المذابة فيها ، أضف الى الناتج ماء يحوى ملح الطعام (حوالى نصف ملعقة صغيرة) وبلغ حجمه ثلاث مرات حجم الهريسة ، وزع الهريسة المخففة فى الأنبوب ٤ و ٥ و ٦ بسكب ٥ ملل فى كل منها ، اغمر الأنبوب ٤ لمدة خمس دقائق فى مغطس يحوى ماء غالبا ثم برده حتى درجة حرارة الغرفة ، أضف بعد ذلك فى كل من الأنبوبين ٤ و ٥ نصف مليلتر (٠.٥ ملل) من محلول حمض السكسينك و ١٠ نقاط من محلول أزرق الميتيلين وأضف الى الأنبوب ٦ نصف مليلتر من الماء و ١٠ نقاط من محلول أزرق الميتيلين واسكب فى جميع الأنبوب قليلا من الزيت لعزل المزيج عن الهواء ، راقب تغير اللون وحاول الاجابة عن الأسئلة التالية :

هل يختزل الصباغ فى هريسة اللحم المغلية ؟

هل يحتاج هذا التفاعل الى حمض السكسينك ؟

هل يشابه سلوك الأنزيمات المأخوذة من الأنسجة فى درجة

حرارة مرتفعة ؟

واليك الآن التفسير : تسرع الأنزيمات التازعة للهيدروجين (الديهيدروجينازات) والمزجودة فى الحليب الطازج تفاعل أكسدة الفورمالدهيد (وهذا واضح من زوال لون أزرق الميتيلين) . ومن الممكن أن يعاد اللون الأزرق الى الصباغ المختزل بأكسدته بأكسجين الهواء و «يعمل» ديهيدروجيناز الحليب ببطء فى درجة حرارة منخفضة ، وهو يحمض ويفقد نشاطه تماما بعد غلى الحليب . وهذا يعنى أن له درجة حرارة مثلى أيضا .

وفى التجارب المجراة على هريسة اللحم يفقد ديهيدروجيناز حمض السكسينك ، كجميع الأنزيمات الأخرى ، نشاطه بعد الغلى . ومن ناحية أخرى ، فالتفاعل لن يجرى بدون حمض السكسينك (وللتأكد من ذلك يجب أن تغسل الهريسة جيدا بالماء لازالة ما يوجد فيها من حمض السكسينك) ، كما أن الأنزيم يؤكسد بسرعة حمض السكسينك ويحوله الى حمض الفورماريك بنقل ذرات الهيدروجين الى الصباغ .

واليك تجربة أخرى حول فعل الأنزيمات على عينة أخرى هي الكائنات الحية الدقيقة . فحتى الآن تعاملنا مع الأنسجة الحية والنباتية ولكن الكائنات الحية الدقيقة أكثر تسليحا بالأنزيمات لأن ليس لها وسائل ، غير الوسائل الكيميائية الحيوية ، للدفاع عن نفسها وعن وجودها . وسنجرى تجربة على واحد منها ، وبالتحديد على الفطر المتمثل فى خميرة العجين ، فالديهيدروجيناز المعروف لدينا الآن يدخل بين العدد الكثير من الأنزيمات النشطة التى تنتجها الخميرة .

افرك قطعة من الخميرة على صحن صغير مع ملعقتين صغيرتين من الماء الغالى ، ويفضل أن يكون الفرك بملعقة من الألومنيوم أو البلاستيك ، وعندما يصبح المزيج متجانسا انقله بماصة نظيفة الى انبوى اختبار ثم غسلهما بالماء والصابون وتجفيفهما قبل ذلك وأضف الى الأنبوبين بماسة أخرى قليلا من الزيت ، ضع الأنبوب ١ لمدة خمس دقائق فى وعاء يحوى ماء غالبا ثم برده بعد ذلك حتى درجة حرارة الغرفة ، أضف الى الأنبوبين قليلا من السكر ثم خض المزيج كى يذوب السكر وانقل بماصة

ثالثة الى كلا الانوبيين ١٠ - ١٥ نقاط من محلول الصباغ وراقب بعد ذلك لون المحلول . ويمكن تعقب التجربة أكثر من ذلك بأخذ عدة أنابيب وتغيير درجة حرارة المحلول وأخذ كميات مختلفة من الخميرة والسكر . وستتركك تتوصل الى النتائج بنفسك ودون أسئلة موجهة . فالآن وبعد أن تجمعت لديك الخبرة الكافية يمكنك القيام بذلك على أكمل وجه .

تجارب على الأنزيمات - الأميلازات

تسرع الأنزيمات سير الكثير من التفاعلات الكيميائية ولكنها تقوم بذلك انتقائيا . فلكل منها «اختصاصه» الضيق . ويلاحظ أحيانا أن العملية الواحدة تسرع بعدة أنزيمات ، وستأكد من ذلك الآن .

ولندرس الأنزيمات التي تخرب النشاء بضم «بقايا» من جزيئات الماء اليه وهي ما يسمى بالأنزيمات الهيدروليتية ومن بينها الأميلازات التي سبق وتحدثنا عنها في قسم «تجارب على الهيدروكربونات» وبما أن مبدأ عمل هذه الأنزيمات معروف لديكم الآن لذا سنقوم مباشرة بإجراء تجارب للمقارنة وسنرى كيف تؤثر أميلازات الانسان والحيوان على النشاء . وسنستعين ، كما في السابق ، باللعب كمصدر للأميلاز من الانسان أما الأميلازات ذات المنشأ الحيواني ، فنجددها في عسل النحل .

حضر أولا خمسة محاليل - المحلول الأول : اجمع في أنبوب اختيار حوالي ٥ ملل من اللعاب وخففها عشرين مرة بماء

مفل بارد : المحلول الثاني : محلول سائل من النشاء (تؤخذ ربع ملعقة صغيرة من النشاء في كأس من الماء) ، المحلول الثالث : محلول من اليود مخفف بالماء عشرين مرة ، المحلول الرابع : تؤخذ نقطتان أو ثلاث نقاط من عسل النحل وتخفف عشر مرات بالماء ثم يخلط المحلول جيدا ، المحلول الخامس : يمزج نصف ملعقة من صودا الخبيز مع عشر ملاعق من الماء .

سنحتاج هنا الى تسعة أنابيب اختبار ، اسكب في الأنابيب كلها حوالي ٥ ملل من محلول النشاء ، أضف بالماء الى الأنابيب ١ و ٤ و ٧ خمس نقاط من الخل ، وأضف الى الأنابيب ٢ و ٥ و ٨ حجما مساويا من محلول الصودا وأضف الى الأنابيب المتبقية ٥ نقاط من الماء النقي ، اخلط جيدا محتويات كل أنبوب ثم انقل الى كل منها ١٠ نقاط من اللعاب المخفف . وبعد ١٠ دقائق أضف الى الأنابيب ١ و ٢ و ٣ نقطة أو نقطتين من محلول اليود وأخلط المزيج جيدا ، راقب تغير اللون وبعد مرور ١٥ دقيقة على الوقت السابق أضف حجما مساويا من محلول اليود الى الأنابيب ٤ و ٥ و ٦ وبعد مرور عشر دقائق على ذلك أضف اليود بالكمية نفسها الى الأنابيب المتبقية . ولعلك تذكر أن النشاء والديكستريانات تعطي لونا مختلفا مع اليود ويتغير هذا اللون أثناء تخريب النشاء من قبل الأميلاز . وهكذا يمكننا الحكم ليس فقط على تفكك النشاء وانما نستطيع تحديد الوسط (حمضي أم قلوي أم معتدل) الأكثر ملاءمة لهذه العملية .

تجرى تجربة مماثلة تماما على عسل النحل .

وقد تتغير فاعلية أو نشاط الأميلاز من عينة إلى أخرى ، ولهذا يصار إلى تطويل أو تقصير فترة الحلماء ، فمثلا يحتوى لعاب المدخنين على كمية قليلة جدا من الأميلاز .

تحتاج التجربة التالية إلى الشعير . اغمر حبات من الشعير فى الماء عدة ساعات ثم ضعها على صحن صغير واتركها اتئمو مدة ٤ - ٥ أيام مع رشها بالماء كل يوم ، اقطع الأجزاء الناعمة منها واغسلها بالماء ثم افركها جيدا بملعقة ، خفف الناتج بكمية من الماء المقطر تزيد مرتين عن كميته ثم اعصر المزيج من خلال قماش سميك فتحصل على عصير يحتوى على أنزيمين هما : الأميلاز - ألفا والأميلاز - بيتا ويمكننا بمعالجة إضافية تخريب أحدهما لمراقبة عمل الأنزيم الآخر : فالأميلاز - ألفا يمكن تخريبه بالتسخين ولهذا الغرض يضاف إلى جزء من العصير ثلاثة أجزاء من الماء ثم يخلط المزيج ويسخن مع التحريك لمدة عشرين دقيقة على حمام مائى تبلغ درجة حرارته ٧٠° م . ويكون المحلول البارد بعدئذ حاويا على الأميلاز - بيتا فقط .

والآن يجب تخريب الأميلاز - بيتا بالحمض للحصول على محلول يحوى الأميلاز - ألفا فقط ولهذا يبرد حوالى ٥ ملل من العصير فى الثلاجة أو داخل الثلج حتى الدرجة ٢ - ٣° م ثم تضاف إليه ملعقة صغيرة من الخل البارد ويكمل الحجم فى انبوب الاختبار الحاوى على المزيج بماء بارد حتى أعلى الأنبوب تقريبا يخلط المزيج ويترك لمدة ١٥ - ٢٠ دقيقة ، ثم يعادل بإضافة مسحوق من الطباشير إليه حتى ينقطع انطلاق الفقاعات ، يحرك المزيج مرة أخرى ثم يخفف بحجم مماثل من الماء ويترك

ليستقر . اسكب السائل الواقع فوق الراسب فى انبوب اختبار نظيف وبهذا ينتهى الاعداد للتجربة .

خذ عشرة أنابيب اختبار وأضف فى كل منها ١ ملل من محلول النشاء و ٩ ملل من الماء ، أضف فى الخمسة أنابيب الأولى بالماصة عشر نقاط من محلول الأميلاز - ألفا وفى الأنابيب الباقية كمية مماثلة من محلول الأميلاز - بيتا ، حرك جيدا محتويات كل أنبوب وبعد مرور ثلاث دقائق أضف إلى الأنبوبين ١ و ٦ نقطة واحدة من محلول اليود ثم حرك المزيج ، كرر العملية نفسها على الأنبوبين ٢ و ٧ بعد خمس دقائق وعلى الأنبوبين ٣ و ٨ خلال عشر دقائق وعلى الأنبوبين ٤ و ٩ خلال عشرين دقيقة وعلى الأنبوبين ٥ و ١٠ خلال ثلاثين دقيقة . وستلاحظ هنا أن اللون يتغير بسرعة فى وجود الأميلاز - ألفا : من أزرق إلى بنفسجى ثم إلى وردي وأخيرا يصبح اللون أصفر . وتكون عندئذ الديكستريانات وهى عبارة عن بقايا من جزيئات النشاء . أما الأميلاز - بيتا ، فيتصرف بطريقة أخرى : فهو يبدو وكأنه «يقضم» قطعاً من جزيئات النشاء ولهذا يبقى اللون مع اليود أزرق ، ولكن شدته تخف مع تفكك النشاء . تظهر نتائج هذه التجربة بكل وضوح التباين فى خواص الأنزيمات جميعها وحتى المتشابهة منها أيضا . أما فى الأجسام الحية ، فتعمل الأنزيمات عادة مع بعضها بعضا ، وتكون التحولات الجارية عندئذ أعقد بكثير من تلك التحولات البسيطة نسبيا التى لاحظناها فى أنابيب الاختبار . ولكن معرفة الشيء البسيط هى خطوة أولى نحو التعرف على شيء أعقد .

الأميلاز ليس وحده

تأكدتم الآن بأن اللعاب مادة راتبة للاستعمال في الدراسات البيوكيميائية وهي تتميز عن غالبية المواد الأخرى ذات المنشأ الحيواني بأنها متوفرة دوماً . وإلى جانب الأميلاز توجد في اللعاب أنزيمات أخرى تساعد على هضم الطعام بتفكيكها للمواد الطبيعية المعقدة وتحولها إلى مواد أبسط . ولكن فصلها ومن دراستها أصعب بكثير من فصل الأميلاز ولهذا فأننا سنجرى تجاربنا البيوكيميائية الأخيرة على مواد من طبيعة أخرى .

تفرغ بالياء واجمع حوالي مليمتر واحد من اللعاب في أنبوب اختبار وخففها بثلاث مليمترات من الماء المقطر أو المغلي ، اسكب نصف الكمية الناتجة في أنبوب آخر ونقط حوالي عشر نقاط من محلول نترات الفضة $AgNO_3$ ، أضف إلى الراسب الأبيض المتكون محلول الخل . فيذوب الراسب جزئياً . وهذا هو سلوك أملاح حمض الهيدروكلوريك والفوسفوريك — الكلوريدات والفوسفات — عند تفاعلها مع نترات الفضة .

حمض قليلا القسم الثاني من محلول اللعاب بواسطة محلول ضعيف من حمض الهيدروكلوريك ثم أضف إليه عدة نقاط من محلول كلوريد الحديد $FeCl_3$ ذي التركيز ٣٪ . فيظهر لون بني أحمر يدل على أن المحلول يحتوي على الثيوسانات وهي أملاح حمض ثيوسايد الهيدروجين ، وفي الوقت الذي تكون فيه كمية الأميلاز قليلة في لعاب المدخنين تكون كمية الثيوسانات ، على العكس ، أكبر من الكمية الطبيعية . ويمكنك التأكد من ذلك تجريبياً على لعاب أحد من أقرائك المدخنين .

تحتاج التجربة التالية إلى حوالي ٥ ملل من اللعاب . ضع

هذه الكمية في كأس وأضف إليها مع التحريك بفضيب زجاجي عدة نقاط من حمض الخل ، فتلصق على الفضيب كتلة بيضاء تشبه بياض البيض المسلوقة وتدعى المومين وهي مادة ترفع لزوجة اللعاب وتخرسه وتساعد على تشكل اللعاب .

وسنحاول أن ندرس بأنفسنا تركيب المومين : ضع قسماً من المادة الناتجة في أنبوب اختبار صغير ونقط عليها نقطتين أو ثلاث نقاط من حمض النتريك ثم انتظر حتى يصفر المومين . والآن نقط نقطتين أو ثلاث نقاط من محلول مركز لمادة قلوية (يمكن استعمال محلول النشادر) فيصبح اللون برتقالياً ويعتبر هذا التفاعل من التفاعلات المميزة للبروتينات . ويمكن أن يجري بدلاً منه تفاعل بيوريت الذي جاء ذكره في قسم «تجارب على البروتينات» وسنحصل سواء في الحالة الأولى أو الثانية على نتيجة واحدة تؤكد الطبيعة البروتينية للمومين .

ولكن الأمر لم ينته عند هذا الحد ، بل عليك أن تأخذ المومين المتبقى وتجري عليه اختبار للكشف عن الكربوهيدرات ولهذا الغرض يمكنك الاستعانة بتفاعل موليش اللوني (ورد ذكره في باب «تجارب على الكربوهيدرات») أو شكله المبسط في حال توفر قليل من L — النافтол لديك : أضف إلى محلول المومين في حمض الهيدروكلوريك الضعيف (تركيزه حوالي ١٪) ثلاث أو أربع نقاط من محلول النافтол في الكحول (تركيزه ١٠٪) وبعد التحريك نقط بحذر شديد على السطح حمض الكبريتيك المركز ، فتظهر حلقة بنفسجية تدل على أن المادة المأخوذة للتحليل هي كربوهيدرات .

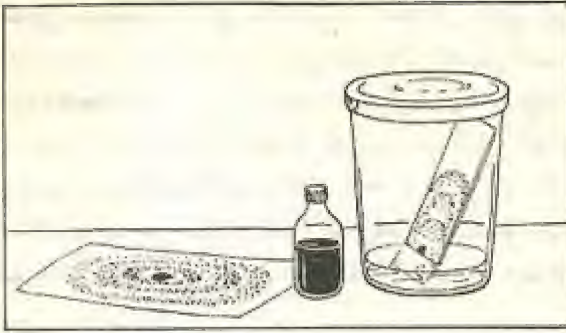
اذن ، فالمومين هو بروتين وكربوهيدرات في الوقت نفسه .

وهو من المركبات التي تحتوى على جزء بروتيني وآخر كربوهيدراتي وعند تفكيكه بأحماض قوية تتكون الأحماض الأمينية التي تتألف منها البروتينات والكربوهيدرات .

الكروماتوغرافيا في البيت

كثيرا ما يستعان في المخابير بالكروماتوغرافيا لتجزئة وتحليل المخاليط المتنوعة وللفصل مواد معينة منها وهي تعتبر من أفضل الطرائق المنبعة في تجزئة وتحليل المخاليط . وتطبق الكروماتوغرافيا في الصناعة عندما يراد فصل وتنقية المواد المتشابهة عضوية كانت أو لاعضوية . وهي تقوم على أن مكونات المزيج (السائل أو الغازي) تختلف في درجة تعلقها بالمادة المازة التي تستطيع أن تمتاز انتقائيا هذه المركبات الكيميائية أو تلك .

وأجهزة الكروماتوغرافيا الحديثة هي أجهزة معقدة ذات توجيه آلي وتزود أحيانا بالآلات جاسبة صغيرة تنظم سير البحث وتعطي نتائج جاهزة مباشرة . وطبيعى أن أجهزة كهذه ليست متوفرة في المدرسة ولا في مخبر المنزل . ولكن هذه الطريقة في التحليل بدأت بأساليب ووسائل بسيطة هي بمقدور الكيميائي المبتدئ . ولتبدأ بالكروماتوغرافيا على الورق . ونشير الى أن المحلل الكيميائي يستخدم فيها نوعا خاصا من الورق ولكن تجاربنا هنا تتطلب ورق ترشيح عادى أو ورق نشاف أيضا . خذ ورقة ترشيح مربعة ونقط في منتصفها عدة نقاط من المحلول المراد دراسته والحاوى على مزيج من مواد ملونة (يمكنك أن تستعمل مستخلص الكلوروفيل الذي جاء ذكره في قسم «الاستخلاص» أو مزيجا من أصبغة تحضره خصيصا لهذه التجربة) ، فتتكون



بقعة على الورقة . نقط في منتصف البقعة عدة نقاط من المذيب ، وليكن الكحول مثلاً ، وستلاحظ كيف أن المذيب ينتشر بين ألياف الورقة حاملا معه المواد الملونة في جميع الاتجاهات . وقد تختلف سرعة سير العملية تبعاً لطبيعة المادة المدروسة وكتلتها الجزيئية ولكن مما لا شك فيه أنه ستظهر على الورقة عاجلاً أم آجلاً عدة حلقات مختلفة اللون ويتوقف عددها على عدد المواد الموجودة في المزيج الخاضع للتحليل .

وهي في تجربة الكلوروفيل حلقتان : صفراء ورمادية . وبإمكانك وضع احتمالات كثيرة لهذه التجربة باستخدام مزج مختلفة ومذيبات مناسبة أيضا . ويمكن أن تحصل على نتائج أكثر دقة عندما تستعمل عوضاً عن الورقة طبقة رقيقة من ماز تغطي لوحاً من الزجاج مثلاً وتسمى الطريقة عندئذ بالكروماتوغرافيا في الطبقات الرقيقة . أما المادة المازة فهي النشاء في أبسط الحالات .

اخلط النشاء في حجم قليل من الكحول ، اسكب المزيج الناتج على لوح الزجاج واترك المذيب يتبخر وبعد أن يجف اللوح

نقط في منتصفه ، كما في حالة الورقة ، نقطة من المزيج المراد تحليله (يجب أن يكون هذا المزيج ملونا والا كان من الصعب عليك ملاحظة التجزئة) . انتق عينه التحليل بنفسك ، فبالإضافة الى المواد المذكورة أعلاه تصلح هنا مختلف أنواع العصير الملونة والخمر والأصبغة وغيرها . اترك البقعة تجف ثم نقط عليها نقطة أو نقطتين من المذيب فإذا تركت البقعة المنتشرة على النشاء عدة حلقات ملونة دل ذلك على أن العينة هي مزيج من عدة مواد وليست مادة واحدة .

واليك احتمال آخر لاجراء تجربة الكروماتوغرافيا في الطبقات الرقيقة : ضع الصفيحة بشكل مائل في كأس زجاجي يوجد في أسفله قليل من المذيب بحيث يغمر قليلا النشاء الموجود على الصفيحة ، لاحظ كيف أن المذيب (الكحول مثلا) يرتفع في طبقة النشاء ويصل الى نقطة المزيج ثم يرتفع فوقها قليلا . عندئذ يتجزأ المزيج الى مكوناته الأصلية التي تتوزع على النشاء توزعا مختلفا .

وليست طريقة الكروماتوغرافيا في الأعمدة أقل انتشارا واستخدما في المخابر الكيميائية من الطرق الأخرى . فموجبها يتجزأ المزيج في أعمدة مملوءة بالساز وهي أدق من غيرها ولكنها تتطلب وقتا أطول لأن المحلول يتحرك ببطء في العمود .

استعمل كعمود الكروماتوغرافيا انبوية زجاجية قطرها ١ سم تقريبا وطولها حوالي ٢٠ سم ، سد نهايتها السفلى بقطنة ثم املاها الى أعلى من منتصفها بقليل بالنشاء أو بودرة السكر ، اسكب من فوقه الأنبوية العليا محلول المزيج المراد دراسته ويفضل ألا يكون هذا المحلول مركزا جدا ، اسكب ٣-٤ ملل من المذيب

النقى في الأنبوية بعد أن يجتاز المحلول نصف عمود النشاء أو بودرة السكر . عندئذ يبدأ المزيج بالانتشار على طول العمود وتصبح الحلقات الملونة واضحة ويكون عددها مساويا عدد المواد الداخلة في تركيب المزيج قيد الدراسة . وتنتج هذه التجربة جيدا بوجه خاص على مستخلص الكلوروفيل وعندما يستعمل البترين النقى (ليس بترين السيارات وإنما البترين المستعمل في الكيمياء كـمذيب) كـمذيب فيها .

الشعاع سقط على البلورة

سنقوم الآن بتحضير مادة نصف ناقلة (شبه موصلة) وقد تسمى لك ذلك في أحد المرات وبالتحديد عندما حولت ملعقة الألومنيوم الى مقوم للتيار . وتجربتنا الآن لن تقل ظرافة ومتعة عن السابقة وستصبحها توضيحات نظرية . ومن الأفضل أن تجري في مخبر المدرسة لا لكونها خطيرة وإنما لعدم توفر المواد اللازمة لها في البيت .

ولنجرأ أولا تجربة تمهيدية : حضر محلولاً من نترات أو أسيتات (خلات) الرصاص ومرر خلاله كبريتيد الهيدروجين (يجب العمل تحت نافذة سحب الغازات) ، جفف الراسب المتكون من كبريتيد الرصاص PbS وافحص ناقلية للكهرباء فيظهر أنه عازل تماما . اذن فما هو دور أنصاف النواقل هنا ؟ لا تتسرع في استنتاجاتك قبل أن تجري التجربة الأساسية التالية . حضر حجمين متساويين (١٥ ملل مثلا) من محلول ثيوكرباميد $\text{NH}_4\text{C}(\text{S})\text{NH}_2$ تركيزه ٣٪ ومحلول لأسيتات الرصاص تركيزه ٦٪ ، اسكب المحلولين في كأس صغير ، ضع لوحا

زجاجيا في الكأس وثبته بحيث يقف عموديا ، البس قفازات مطاطية واسكب في الكأس حتى أعلاه تقريبا محلولا مركزا لمادة قلوية ثم حرك المحلول بملء بواسطة قضيب زجاجي مع مراعاة عدم لمس اللوح الزجاجي ، سخن المحلول بملطف حتى ينطلق البخار منه ، تابع التحريك ، وبعد مرور عشر دقائق اسحب اللوح الزجاجي بملطف واغسله تحت تيار من الماء الجاري ثم اتركه ليحفظ . وتكون في هذه الحالة قد حصلت على كبريتيد الرصاص . اذن فما هو الفرق ؟

في التجربة الثانية يجري التفاعل ببطء ، ولا يظهر الراسب فوراً . وإذا راقبت سير التفاعل لاحظت أنه يتعكر في البداية ثم يصبح كالحليب تقريبا . وبعدها يسود . وهذا يعني أن المركبات الوسطية تنفك أولاً ثم يتكون كبريتيد الرصاص الأسود الذي يترسب على اللوح الزجاجي على شكل طبقة سوداء رقيقة تتكون من بلورات دقيقة جداً لا يمكن تمييزها إلا تحت المجهر ولهذا تبدو الطبقة ناعمة وملاء كالمرآة .

أوصل الطبقة بالتيار الكهربائي وستلاحظ أن كبريتيد الرصاص ينقل التيار هنا علماً بأنه سلك سلوك العازل في التجربة السابقة . أدخل في الدارة مقياس الأمبير وقس شدة التيار ثم احسب المقاومة فتظهر أنها أعلى من مقاومة المعادن ولكنها ليست كبيرة بالقدر الذي يجعلها تمنع مرور التيار . قرب من اللوح الزجاجي مصباحاً كهربائياً مشتعلاً ثم أوصل التيار من جديد . وستلاحظ فوراً أن مقاومة كبريتيد الرصاص قد انخفضت كثيراً . ويحدث الشيء نفسه عند تسخين لوح أسود . وعندما تزداد الناقلية أثناء الاضاءة أو التسخين يعني ذلك أن المادة هي نصف ناقل .

فمن أين لكبريتيد الرصاص هذه الخاصة ؟ لقد كتبنا صيغته بالشكل التالي PbS ، ولكن التركيب الحقيقي لبلوراته لا يتفق تماماً مع هذه الصيغة . فبعض المركبات ، ومن بينها كبريتيد الرصاص ، لا تخضع لقانون ثبات التركيب وهي جميعها أنصاف نواقل (وهذا ينطبق أيضاً على أكسيد الألومنيوم الذي تقوم التيار المتناوب) .

كان من المفروض أن يتكرر نظام توزيع الجسيمات في بلورة PbS بشكل دقيق ولكن يحدث أحياناً أن تراكيز المحاليل التي تحضر منها البلورات ليست ثابتة ، مما يخل بنظام توزيع الجسيمات في هذه البلورات وتؤثر درجة الحرارة وغيرها من الظروف الخارجية على هذا الوضع أيضاً . ومهما يكن الأمر ، فإن النسبة بين ذرات الكبريت والرصاص في البلورة الحقيقية ليست ١:١ تماماً ، وإنما تختلف عن هذه النسبة بمقدار ضئيل جداً يبلغ حوالى ٠,٠٠٠٥ . وهذا يكفي لكي تتغير الخواص تغيراً محسوساً .

ترتبط ذرات الرصاص والكبريت مع بعضها في البلورة بالكترينين يقدمهما الرصاص للكبريت . ولكن ماذا يحصل عندما تختل النسبة ١:١ ؟ إذا لم توجد ذرة كبريت بالقرب من ذرة الرصاص ، أصبح الإلكترونان حريين وقاما بنفسهما بنقل التيار الكهربائي . وحالات كهذه ليست نادرة كما يبدو لأول وهلة ، فبالرغم من أن النسبة ١:١,٠٠٠٥ تساوى الواحد تقريبا ، إلا أن العدد الهائل من الذرات في البلورة يجعل هذا الفرق الضئيل أمراً يستحق الاعتبار .

يمكن التحكم بتركيب كبريتيد الرصاص والغرض من ذلك

هو تغيير ناقلية للكهرباء . فعندما يزداد عدد ذرات الكبريت في البلورة تنخفض الناقلية ولكن عندما يقل عددها يزداد عدد الالكترونات الحرة وبالتالي تزداد الناقلية . وبعبارة أخرى ، فإنه يمكننا الحصول على الناقلية المطلوبة بتغيير النسبة بين ذرات الكبريت والرصاص وليس من السهل القيام بتجربة من هذا النوع . أخذ انبوبة من الكوارتز وضع في داخلها ملعقة زجاجية تحوى كبريتيد الرصاص وأدخل فيها من الطرف الثانى ملعقة مماثلة تحوى الرصاص سخن الانبوبة بشدة حتى يبدأ الرصاص بالتبخير . عندئذ يمتص الكبريتيد هذه الأبخرة ويصبح غنيا بالرصاص مما يجعل ناقلية الكهربية تزداد كثيرا .

ولم يبق سوى أن نجيب عن سؤال حول سبب كون كبريتيد الرصاص يتأثر بالاضاءة . الواقع أن كميات الضوء تنقل الطاقة للالكترونات وتختلف الأشعة الأكثر فعالة من حالة الى أخرى . وهى الاشعاع الحرارى تحت الأحمر فى حالة كبريتيد الرصاص ولهذا السبب اقترحنا عليك أن تقرب المصباح الى اللوح ، ونشير فى هذا المجال الى أن أجهزة استقبال الاشعاع تحت الأحمر تحوى عادة مادة نصف ناقلة جيدة هى كبريتيد الرصاص .

صورة فوتوغرافية غريبة

تقوم عملية التصوير على تفاعلات المواد الحساسة للضوء ، أى هاليدات الفضة (وأغلبها استعمالا بروميد الفضة) التى توجد فى المستحلب الحساس للضوء وهى تتفكك هناك بفعل الضوء وعندئذ تظهر على المناطق المضاءة بلورات صغيرة من الفضة .

والفضة معدن ثمين وهو ضرورى فى مجالات أخرى غير التصوير . ولهذا يفتش الباحث عن مواد حساسة للضوء لا تحتوى عليه . وبالرغم من احراز نجاحات بارزة فى هذا المضمار ، إلا أنه لم يعثر بعد على بديل تام للفضة . ومع ذلك ، فإن التصوير بدون الفضة يطبق بنجاح لأغراض معينة وبامكاننا القيام بذلك . وفيما يلى بعض الأمثلة :

أذب فى ١٠٠ ملل من الماء المقطر ١٥ غم من الغلوكونز و ٢ غم من بيكرومات الأمونيوم ، بلل قطعة قماش بيضاء نظيفة ورقيقة بالمحلول الناتج ثم اتركها لتجف فى الظلام لأنها أصبحت حساسة للضوء ، واكوها بالمكواة فى الظلام أيضا ، خضر سلفا المحلول المظفر وهو يتألف من ١ غم من نترات الفضة (لا يمكننا الاستغناء تماما عن أملاح الفضة) و ١٠ ملل من حمض الخل فى ١٠٠ ملل من الماء .

ارسم على ورق استشفاف الرسم الذى تريد أن تطبعه على القماش ، ضع الورقة فوق القماش وانقلهما الى مكان مضى . لا تسرع : فالعملية هنا تحتاج الى حوالى خمس دقائق فى ضوء النهار والى وقت أكبر فى ضوء المصباح الكهربائى ، اغمس القماش فى المحلول المظفر لاختبار الصورة عليه ولا داع لاجراء هذه العملية فى الظلام بل يكفى لذلك أن يكون الضوء ضعيفا . نشف القماش ، فيظهر عليه رسم بنى غامق .

استفدنا فى هذه التجربة من الخواص المختزلة للغلوكونز فهو ، أى الغلوكونز ، قد اختزل الكروم الموجود فى بيكرومات الأمونيوم . أما القسم من البيكرومات الذى لم يختزل ، فيتفاعل مع ايونات الفضة الموجودة فى المحلول المظفر ويشكل مركبا

ملونا يبقى على القماش لأنه غير ذواب . وهنا نحصل على الصورة النهائية لأن اللون يظهر على المناطق العاتمة .

واليك طريقة أخرى لاجراء هذه التجربة يستعمل فيها بيكرومات الأمونيوم أيضا بدون الغلوكونز . والأهم من ذلك أنها تستغنى عن الفضة حتى في المحلول المظهر . حضر مستحلبا مؤلفا من محلولين : المحلول الأول : ضع ١٧ غم من غراء التجارة و ٦ غم من الجيلاتين في ١٠٠ ملل من الماء وأضف اليها ٣ ملل من محلول الشاذر في الماء ، اترك المزيج ليتنفخ يوما كاملا ثم سخنه بعدها حوالي ساعة على حمام مائي في الدرجة ٨٠°م حتى الذوبان التام : المحلول الثاني : ٢,٥ غم من بيكرومات الأمونيوم و ٢,٥ غم من شب الكروم والبيتاسيوم و ٣ ملل من محلول الشاذر في الماء و ٣٠ ملل من الماء و ٦ ملل من الكحول . وبعد أن يبرد المحلول الأول حتى الدرجة ٥٠°م تقريبا اسكب فيه مع التحريك المحلول الثاني ثم رشح المستحلب الناتج فوتين (يفضل أن يتم الترشيح من خلال الفلتر) ، ضع المستحلب في مكان مظلم ، اجر العملية التالية ، وهي طلاء صفيحة معدنية أو زجاجية أو خزفية بهذا المستحلب ، في غرفة عاتمة .

اسكب المستحلب المسخن حتى الدرجة ٣٠-٤٠°م على الصفيحة النظيفة ثم حركها كي تتساوى طبقة المستحلب عليها ، جفف الصفيحة لمدة خمس عشرة دقيقة ، ويستحسن أن يتم ذلك مع التسخين الخفيف ، ضع ورقة الاستشفاف التي خطط عليها الرسم المطلوب على الطبقة الحساسة للضوء ، اضعفها بلوح من الزجاج كي تستقيم ، ثم سلط عليها الضوء . فاذا كان ضوء

الشمس ، وهو الضوء الأفضل ، وجب أن تستمر الاضاءة عدة دقائق . أما اذا كان الضوء اصطناعيا ، فيجب أن تستعمل عدة مصابيح استطاعتها الكلية حوالي ٢٠٠٠ فولط ، ويفضل أن تكون مزودة بعواكس ، ويجب أن تستمر الاضاءة في هذه الحالة عشر دقائق . يجب أن تتم عملية الاظهار فورا والا قامت أملاح الكروم بتجميد الجيلاتين وبخاصة في الأماكن التي لا داع فيها لمثل ذلك . والمظهر هو ماء دافئ لا تزيد درجة حرارته عن ٣٠°م ويلوب فيه الجيلاتين غير المتجمد . أما الأماكن التي تجمد فيها الجيلاتين ، فتبقى على السطح .

لم تظهر الصورة دقيقة جدا . ولاصلاح هذا العيب يجب غيرها في محلول للدليل بنفسجي الميتيل (الميتيل البنفسجي) تركيزه ١٪ (يمكن هنا أن يستعمل محلول من الجبر البنفسجي) ، اغسل الصفيحة بعد ذلك بالماء ثم اشرع بثبيتها في المحلول التالي : ٥ غم من بيكرومات الأمونيوم و ٢ غم من شب الكروم والبيتاسيوم و ٤ ملل من الكحول في ١٠٠ ملل من الماء ، ويجب أن يستمر التثبيت أربع دقائق ، نشف الصورة في الهواء ، ولزيادة التثبيت يمكن تسخينها ، أي الصورة ، لعدة دقائق في خزانة التجفيف أو فرن الغاز المطبخي .

وستكون الصورة التالية مألوفة لنا أكثر من غيرها لأننا نستطيعها على الورق . وبالرغم من أن الورق هو ورق ترشيح الا أن التجربة مثيرة وقابلة للعرض .

غظن ورقة على شكل حلقة في محلول مؤلف من ٢٠ ملل من محلول الملح الدموي الأحمر $K_3[Fe(CN)_6]$ ذي التركيز ٥٪ و ٢٠ ملل من محلول كلوريد الحديد $FeCl_3$ ذي التركيز ٥٪

و ٢٠ ملل من محلول حمض الأكساليك H_2CO_3 ذى التركيز ٥% (انتبه أثناء التعامل به) ، اسحب الورقة من المحلول بعد أن تشرب به ثم جففها فى الظلام ، ضع عليها بعدئذ ورقة الاستشفاف الحاوية على الصورة وعرضها لأشعة الشمس .
ونذكرك بأن مصابيح التوهج الكهربائى لا تصلح لهذا الغرض باستثناء مصباح الأشعة فوق البنفسجية (مصباح الكوارتز) وعندها تفلون الأماكن المضاءة بلون أزرق غامق نظرا لتشكيل أزرق ترنبل الذى ورد ذكره سابقا . ولا حاجة لإظهار الصورة هنا ولكن يمكن تثبيتها بغسل الورقة بالماء لتخليصها من المواد التى لم تشترك فى التفاعل .

واليك التجربة الأخيرة على التصوير بدون قصة : أذب فى كأس زجاجى يحوى ١٠٠ ملل من الماء ٠.٤ غم من كلوريد الحديد ثلاثى الكافؤ و ٠.٤ غم من حمض الأكساليك وأذب فى كأس آخر يحوى حجما مماثلا من الماء ١.٤ غم من كلوريد النحاس ، امزج ١٠ ملل من المحلول الأول مع ١٠.٦ ملل من المحلول الثانى ، بلل ورقة ترشيح بهذا المزيج وجففها فى الظلام .
والآن حضر المحلول المظهر كما يلي : أذب ٣.٥ غم من كبريتات النحاس و ١٧ غم من طرطرات البوتاسيوم والصدوديوم (ملح روشيل أو ملح سيفينيت) و ٥ غم من الصودا الكاوية (انتبه أثناء التعامل بها) فى ١٠٠ ملل من الماء ، امزج المحلول الناتج مع ٢٥ ملل من محلول الفورمالدهيد ذى التركيز ٤٠% ، عرض الورقة مرة أخرى لأشعة الشمس أو للأشعة الصادرة عن مصباح الكوارتز بعد أن تضع عليها ورقة الاستشفاف الحاوية على الصورة .
وخلافا للتجربة السابقة ، فإن الصورة لن تظهر هنا فورا ، وإنما

تظهر بعد بقائها لمدة ١٥ دقيقة فى المحلول المظهر وغسلها بكمية وافرة من الماء .

وتذكرنا هذه العملية الى حد ما بالصورة الفضية لأنه تتكون فى طبقتها الحساسة للضوء مراكز تبلور ليست من الفضة وإنما من النحاس . ومن ناحية أخرى ، فإن النحاس لم يترسب من المستحلب ، كما هو الحال فى الصورة العادية ، وإنما ترسب من المحلول الذى يجرى إظهاره .

السرعة تلتفت الأنظار

يتضمن علم الكيمياء فرعا خاصا يدرس سرعة التفاعلات الكيميائية المختلفة وآلياتها ويسمى بالحركية (الكينيتيكا) الكيميائية . ومع أن النظرية الكيميائية تستطيع تفسير العديد من الظواهر ، إلا أنها عاجزة بعد عن التنبؤ نظريا بسرعة أى تفاعل كان . فهذه السرعة تدرس تجريبيا فى المخبر ثم توضع الطرائق الكفيلة بتغييرها ، ويعرف عدد كبير من التفاعلات الهامة صناعيا التى تتميز بأنها بطيئة جدا وبحاجة الى تسريع ، وبالمقابل ، هناك تفاعلات أخرى يجب كبسها لأنها تشكل ضررا على العملية الانتاجية .

وبعبارة أخرى ، فالحركية الكيميائية هى علم تجريبي . ويمكن التأكد من صحة قوانينها بإجراء عدد من التجارب غير المعقدة .

وستأكد فى أول الأمر من أن سرعة التفاعل الواحد يمكن أن تتغير فعلا تغيرا كبيرا (وعلى أية حال ، يمكننا أن نتوقع حدوث هذا التغير بناء على ما يجرى فى حياتنا اليومية ودون اللجوء الى

اجراء التجارب الكيميائية . فمثلا ، نعلم جيدا أن المواد الغذائية تفسد في الجو البارد بسرعة أبطأ منها في الجو الحار ، وذلك لأن سرعة التفاعلات البيوكيميائية تختلف باختلاف درجة الحرارة) . وللتأكد من ذلك اجر مرة أخرى التجربة الواردة في قسم «ساعة كيميائية» بشرط أن تقوم هنا بتغيير درجة الحرارة وابقاء تركيز المواد المتفاعلة على حاله . فإذا سكبت المحلولين الأصليين ، وهما محلول كبريتات الصوديوم ومحلول يودات البوتاسيوم في حمض الكبريتيك ، في ماء مثليج لاحظت أن الفترة اللازمة لظهور اللون الأزرق أكبر منها في حال استخدام ماء حار . ولكن انتبه الى أن اللون لن يظهر البتة في ماء ساخن جدا لأن المركب الملون الناجم عن تفاعل اليود مع النشاء لن يكون ثابتا في هذا الماء .

وهكذا ، فقد أوضحنا تجريبيا أن سرعة التفاعل تزداد كلما ازدادت التراكيز وارتفعت درجة الحرارة . ولكن بعض التفاعلات تبدو للوهلة الأولى أنها تشذ عن هذه القاعدة واليك مثلا على ذلك . اسكب في انبوب اختبار حمض الخليك بحيث يبلغ ارتفاعه في ١-٢ سم ورم فيه عدة قطع من الزنك بعد تنظيفها مسبقا بغمرها في محلول حمض الهيدروكلوريك لمدة عشرين ثانية وتنظيفها بالماء بعد ذلك . وباعتبار أن حمض الخليك حمض ضعيف ، فإن الزنك يذوب فيه ببطء شديد ، وبالكاد أن يشاهد انطلاق فقاعات الهيدروجين فكيف يمكن تسريع التفاعل ؟ بتسخين المحلول ؟ نعم ، هذا أمر صحيح . ولكن ألا توجد طريقة أخرى لذلك ؟ لتتصرف كما يلي : نبدأ بإضافة ماء نقي على دفعات صغيرة الى المحلول مع التحريك جيدا في

كل مرة ، راقب انطلاق الفقاعات . وبالمعجب ! فالحمض قد حصف مرتين وثلاث مرات . والتفاعل بدلا من أن يتباطأ تدرجيا ، نلاحظ أن سرعته تزداد أكثر فأكثر . وإذا أردت اجراء هذه التجربة مع زملائك في مخبر المدرسة فبإمكانك أن تستبدل الزنك بقطعة صغيرة من ثائرة المغنسيوم دون أن تنقلها مسبقا . فالمغنسيوم أشد تفاعلا مع حمض الخليك من الزنك .

يصبح هذا «الشذوذ» عن القاعدة واضحا ونفهمها بعد دراسته جيدا : ففي تجربتنا مع حمض الخليك تتعلق سرعة تفاعل الزنك أو المغنسيوم مع الحمض بتركيز ايونات الهيدروجين في المحلول . وتتكون هذه الايونات أثناء اذابة الأحماض في الماء . ولكن حمض الخليك الضعيف يوجد في المحلول على شكل جزيئات غير متفككة ، عندما تكون كمية الماء قليلة . وبالمقابل فإن تخفيفه بالماء يزيد من عدد جزيئاته التي تنفكك الى ايونات ، وبالتالي تزداد سرعة التفاعل نتيجة لذلك . ومن ناحية أخرى ، فإن اضافة كمية كبيرة من الماء تجعل التفاعل يتباطأ من جديد لسبب آخر وهو أن تركيز ايونات الهيدروجين ينخفض مرة أخرى بسبب التخفيف الشديد . وأسرع محلول يتفاعل مع الزنك هو محلول حمض الخليك ذو التركيز ١٥٪ .

وطبيعي أننا لم نناقش هذه التجربة بقصد تبين مدى الغرابة التي تنصنف بها بعض التحولات الكيميائية . ولكن أردنا أن نلفت انتباهك الى الناحية التالية : وهي أن التحكم بسرعة التفاعل يتطلب حتما أن نعرف كيف يجري التفاعل نفسه . وأي تفاعل كان يبدأ عندما تصادم جزيئات المواد المتفاعلة مع بعضها البعض . ولتر كيف يحدث ذلك .

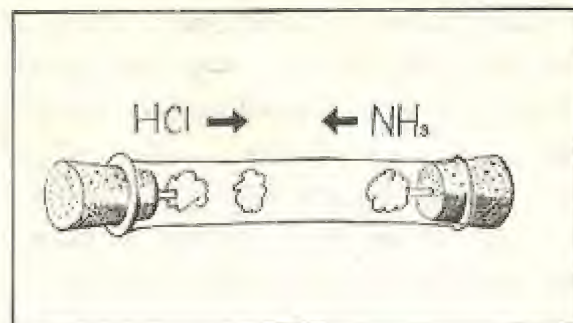
الاضطرابات في الثانية سواء مع جزيئات الهواء أو مع بعضها بعضا ، وبالرغم من أن سرعة الجزيئات كبيرة جدا ، وتبلغ مئات الأمتار في الثانية في الدرجة صفر مئوية وتحت الضغط الجوي العادي إلا أن المسير الحر ، أي المسافة التي يقطعها الجزيء من اصطدام إلى آخر ، يبلغ عند هاتين المادتين حوالي ١٠٠٠٠ ملم فقط . ولهذا السبب كان تحرك غازي النشادر وكلوريد الهيدروجين (المتبرخ من حمض الهيدروكلوريك) بطيئا في الأنبوبة . وهكذا تنتشر رائحة العطر داخل الغرفة عندما يكون الهواء ساكنا فيها . ولكن ، لماذا لم تظهر الحلقة البيضاء في وسط الأنبوبة ؟

السبب هو أن جزيئات النشادر أصغر من جزيئات كلوريد الهيدروجين ، وعليه فهي تتحرك في الهواء بسرعة أكبر . وإذا أفرغنا الأنبوبة من الهواء ، فإن جزيئات النشادر وكلوريد الهيدروجين تتقابل وتتصادم خلال أجزاء من الثانية لأن المسير الحر للجزيئات يزداد كثيرا عندئذ .

ونصحك بأن تجرى بنفسك دراسة بسيطة لمعرفة مدى تأثير قوى الجاذبية ودرجة الحرارة على الانتشار . ولهذا الغرض يجب وضع الأنبوبة بشكل عمودي ومائل قليلا وكذلك تسخينها في أماكن مختلفة (بما في ذلك المكان الذي يترسب فيه كلوريد الأمونيوم) . وحاول أن تستخلص النتائج بنفسك .

لنتقل الآن من الغازات إلى السوائل حيث يجري الانتشار ببطء أكبر . ولنتأكد من ذلك تجريبيا .

خذ لوحا زجاجيا نظيفا وأمسك ، فقط عليه عدة نقاط من الماء ثم نقط بالقرب منها من جانب واحد عدة نقاط من محلول الصودا وعلى الجانب الآخر نقط عدة نقاط من محلول حمض



الأنبوبة من الزجاج غير عريضة كثيرا ويبلغ طولها عدة عشرات من السنتيمترات واختار لها سدائتين ، ثبت في طرف كل سداية قضيبا زجاجيا صغيرا ولف عليه قطعة من القطن ، بلل إحدى القطعتين بعدة نقاط من محلول حمض الهيدروكلوريك المركز وبلل القطعة الثانية بمحلول مركز من النشادر ، أدخل السدائتين في آن واحد في نهايتي الأنبوب بحيث تقع قطعتا القطن داخله . وستلاحظ بعد مرور عدة دقائق (يعتمد هذا الوقت على طول الأنبوب) أنه ستظهر بالقرب من قطعة القطن المبللة بمحلول حمض الهيدروكلوريك حلقة بيضاء من كلوريد الأمونيوم NH_4Cl .

وقد جرت العادة أثناء التفاعلات الكيميائية أن يخلط المزيج كي تجري العملية بسرعة أكبر . ولكننا هنا لم نفعل بذلك خصيصا ، ولم نحاول مساعدة الجزيئات على أن تتقابل مع بعضها ، بل تركناها تتحرك بنفسها . وبطالقي على مثل هذا التحرك الذاتي للجزيئات في هذا الوسط أو ذلك اسم الانتشار . والواقع أن جزيئات المادتين تعرضت بعد تبخرها من القطن المبلل

الهيدروكلوريك : بشرط ألا تتلامس المحاليل جميعها قبل بدء التجربة ، أوصل المحاليل الثلاثة ببعضها بعضا بواسطة قصيب زجاجي مع مراعاة عدم خلطها أبدا . والمفروض أن يتطابق بعدئذ غاز ثاني أكسيد الكربون ، ولكن ذلك لن يحدث رأسا . ولكن عندما يبدأ الغاز بالانطلاق تتجمع فقاعاته على طول الحد الذي يفصل بين منطقتي انتشار الحمض والصودا .

ويمكننا استبدال الصودا والحمض بمادتين أخريتين مهما كان نوعهما ، ولكن بشرط أن تذوبا في الماء ، وأن تتلونا أو تعطيا رأسيا أثناء خلطهما معا . ومهما كان الأمر ، فمن الصعب هنا تفادي سيلان السوائل الذي يشوه منظر التجربة . ولهذا يفضل أن تجرى مثل هذه التجارب بعد اضافة الجيلاتين الى المحاليل لجعلها لزجة وغليظة القوام .

حضر محلولاً من الجيلاتين تركيزه $\frac{1}{4}$ وسخنه في ماء ساخن ، اسكب المحلول الساخن في انبوبة اختبار وبعد أن يبرد خذ بالملقط بلورة من برمنجنات البوتاسيوم أو كبريتات النحاس أو أية مادة أخرى ملونة وتذوب في الماء وأدخلها بسرعة وبحركة واحدة الى وسط الانبوبة ، اسحب الملقط بعد ذلك بحركة سريعة وبحذر . وبعدها يمكنك أن تشاهد خلال عدة ساعات منظرا جميلا لحادثة الانتشار . إذ تنتشر المادة الذوابة في جميع الاتجاهات بسرعة واحدة مكونة حلقة ملونة .

يمكن اجراء تجربة أخرى على المحاليل اللزجة : اسكب محلولاً ساخنًا من الجيلاتين في انبوبة اختبار وأضف الى أحدهما قليلا من محلول مادة قلوية والى الآخر محلول الفينولفثالين . وبعد أن تبرد محتويات الانبوبة ادخل بسرعة وبواسطة الملقط

الى وسط الانبوبة الأولى قطعة من حبة من الفينولفثالين والى وسط الانبوبة الثانية حبة من الصودا المكلسة ، فيظهر في الحالتين لون قرمزي ولكن لاحظ أن اللون في الانبوبة الثانية ينتشر بسرعة أكبر بكثير منها في الانبوبة الأولى : لأن أيونات الهيدروكليل التي تكونت أثناء تفكك المادة القلوية هي أصغر وأخف بكثير من الجزيئات العضوية المعقدة للفينولفثالين مما يجعلها تتحرك بسرعة أكبر في المحلول .

ولنتقل الآن الى المواد الصلبة . ففي التفاعلات التي تحدث فيما بينها (أو بينها وبين المواد السائلة أو الغازية) يجرى التصادم بين الجزيئات على السطح فقط وعليه تزداد سرعة التفاعل كلما كبر سطح الفصل . وستأكد من ذلك فيما يلي .

الحديد لا يشتعل في الهواء وهذا الكلام يسرى على القطع والمواد الحديدية فقط . ونذكر على سبيل المثال أن سطح التلامس مع الهواء عند المسامير ليس كبيرا وعليه يجرى تفاعل الأكسدة عليها ببطء شديد . أما برادة الحديد : فتتفاعل مع الأكسجين بسرعة أكبر ، وتتحول صلبا على البارد قبل المسامير ، ويمكن أن تشتعل في اللهب ، حتى أن الحبيبات الدقيقة جدا من الحديد يمكن أن تلتهب دون تسخين . ويسمى مثل هذا الحديد بالحديد التلقائي الاشتعال . ولا يمكن الحصول على هذه الحبيبات الحديدية بالشغل بمرء حتى ولو كان ناعما جدا ، وإنما تحضر كيميائيا بتفكيك أوكسالات الحديد مثلا .

امزج محلولاً مائيا لملح ما للحديد الثنائي التكافؤ ، وليكن كبريتات الحديد مثلا ، مع محلول مائي لحمض الأكساليك أو ملح من أملاحه الذوابة في الماء ، رشح الراسب الأصفر من

أكسالات الحديد ثم انقل هذا الراسب الى انبوب اختبار بشرط ألا يشغل أكثر من خمس حجم الانبوب ، سخن هذه المادة في لهب مصباح غازي حيث يوضع الانبوب في وضع أفقي أو مائل قليلا وتوجه فوهته نحو الأسفل وبعدا عن نفسك ، اسحب قطرات الماء المتكونة بورقة ترشيع أو قطن . وبعد أن تنفكك الأكسالات وتتحول الى مسحوق أسود ، يغلغ الانبوب ويترك ليبرد ، اسكب محتويات الانبوب على دفعات صغيرة وبحذر شديد على لوح معدني أو من الاسبتوس ، فتندلع من المسحوق شرارات ساطعة تظهر بوضوح أكثر في غرفة مظلمة .

ونشير هنا الى ناحية هامة وهي أنه يمنع منعاً باتاً حفظ الحديد تلقائي الاشتعال لأنه قد يسبب اندلاع الحريق . ولهذا يجب بعد الانتهاء من التجربة تحميم المسحوق في الهواء أو معالجته بالحمض كي لا يبقى فيه حبيبات لم تشتعل بعد .

ولندرس فيما يلي تأثير سطح المادة الصلبة على سرعة تفاعلها مع مادة سائلة . خذ قطعتين متساويتين من الطباشير وفتت احدهما محولا ارباها الى مسحوق ، ضع كل عينة منهما في انبوب اختبار واسكب عليهما حجمين متساويين من حمض الهيدروكلوريك ، لاحظ كيف أن مسحوق الطباشير يذوب ، كما كان متوقعا ، بسرعة أكبر من سرعة ذوبان القطعة الكاملة ، ضع قطعة أخرى من الطباشير في انبوب اختبار يحوى حمض الكبريتيك ، فيحدث تفاعل عنيف في البداية لا يلبث أن يهدأ قليلا ثم يتوقف نهائيا . فما هو السبب ؟ خاصة وأن حمض الكبريتيك ليس أضعف من حمض الهيدروكلوريك ...

الواقع أنه عند تفاعل الطباشير مع حمض الهيدروكلوريك

يتكون كلوريد الكالسيوم $CaCl_2$ الذي يذوب بسهولة في الماء ولا يعيق وصول دفعات جديدة من الحمض الى سطح الطباشير . ولكن تفاعل الطباشير مع حمض الكبريتيك يعطى كبريتات الكالسيوم $CaSO_4$ ، وهي مادة سيئة الذوبان جدا في الماء وتبقى على سطح الطباشير حيث تغطيه تماما . ولجعل التفاعل يستمر فيما بعد لا بد من تنظيف سطح الطباشير من وقت الى آخر أو استعمال مسحوق عوضا عن قطعة كاملة . ونشير الى أن معرفة مثل هذه التفاصيل الدقيقة عن العملية أمر هام في الصناعة الكيميائية .

واليك تجربة أخرى : اخلط في باون مادتين صلبتين تعطيان بعد التفاعل فيما بينهما نواتج ملونة ؛ ولنكونا مثلاً نترات الرصاص ويوديد اليوتاسيوم أو كبريتات الحديد والملح الدموي الأحمر ... الخ . اسحق المزيج بالمدة فتلاحظ أنه يبدأ تدريجيا بالتلون أثناء السحق نظرا لأن سطح التأثير المتبادل بين المادتين زداد عندئذ . وإذا سكبت على المزيج قليلا من الماء فظهر فوراً بلون شديد لأن الجزيئات تتحرك في المحلول بسهولة أكبر بكثير من حركتها في الأجسام الصلبة .

وفي ختام تجاربنا على الحركة الكيميائية سنجرى تجربة كمية تحتاج الى آلة واحدة هي عداد الثواني أو ساعة مزودة بعقرب للثواني .

حضر ٠.٥ لتر من محلول لحمض الكبريتيك تركيزه ٣٪ (لا تنس أن تسكب الحمض الماء) و ٠.٥ لتر من محلول لنيوكبريتات الصوديوم تركيزه ١٢٪ ، أضف الى الماء عدة نقاط من هيدروكسيد الأمونيوم وذلك قبل اذابة النيوكبريتات . خذ

زجاجتين اسطوانيتي الشكل وسعة كل منهما ١٠٠ ملل : ضع علامات على جدار كل منهما تشير الى المستويات ٥٠ ملل و ٢٥ ملل و ١٢,٥ ملل و ٣٧,٥ ملل وذلك بتقسيم الارتفاع على الجدار الى قسمين على التوالى ، رقم الزجاجتين واسكب فيهما حتى العلامة العليا (٥٠ ملل) المحلولين المذكورين أعلاه .

ضع كأسا عاديا رفيع الجدران وسعته ٢٠٠ ملل أو ٣٥٠ ملل على ورقة سوداء واسكب فيه محلول الثيوكيرينات أولا ثم محلول الحمض ، سجل الزمن فوراً ثم اخلط المزيج لمدة ثانيتين مستعينا بقصيب من الخشب ، سجل ، حالما يبدأ المحلول بالتعكر ، الزمن الذى مر منذ بداية التفاعل . ويفضل أن تجرى هذا التجربة مع زميل لك يساعدك على مراقبة الزمن بينما تقوم أنت بسكب المحاليل وتعيين لحظة التعكر .

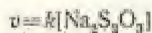
اغسل الكأس واجر التجربة ثلاث مرات مستعملا محلول الثيوكيرينات حتى العلامة الثالثة (الحجم ٣٧,٥ ملل) ثم العلامة الثانية (الحجم ٢٥ ملل) فالعلامة الأولى (الحجم ١٢,٥ ملل) وبشرط أن تكمل الحجم بالماء فى كل مرة حتى العلامة العليا . اترك حجم الحمض ثابتا فى التجارب الثلاثة واجعل الحجم الكلى للمزيج المتفاعل يساوى دوما ١٠٠ ملل .

والآن ارسم المنحنى البياني الذى يعبر عن علاقة سرعة التفاعل بتركيز الثيوكيرينات ، ويفضل أن يعبر عن التركيز بأعداد صحيحة ١ و ٢ و ٣ و ٤ ، رتب هذه التراكيز على محور السينات . والآن كيف تحسب سرعة التفاعل ؟

لا يمكن حساب سرعة التفاعل بدقة كبيرة لأننا نعين لحظة التعكر بالعين المجردة وهذا أمر غير دقيق تماما ، ومن ناحية

أخرى ، فإن التعكر لا يدل الا على أن الجسيمات الدقيقة جدا من الكبريت التى تنفصل أثناء التفاعل قد بلغت حجما معينا يمكن عنده ملاحظتها بالعين . ومع ذلك ، فالتأنا ستقبل ، لعدم توفر وسيلة أفضل ، أن يكون بدء التعكر دلالة على انتهاء التفاعل (وهذا أمر ليس بعيدا جدا عن الحقيقة والواقع) . وستقبل فرضية أخرى وهى أن سرعة التفاعل تناسب عكسا مع مدة حدوثه . فاذا جرى التفاعل مدة عشر ثوان اعتبرنا أن سرعته تساوى ١٠ . وهكذا سنرتب قيم السرعات على محور العيئات .

حصلنا من أربع تجارب على أربع نقاط والنقطة الخامسة هى مركز الاحداثيات . وستقع النقاط الخمسة على خط مستقيم تقريبا . ونكتب معادلة التفاعل كما يلى :



حيث v سرعة التفاعل ، وقد اعتمد القوسان المربعان فى الحركة الكيميائية للدلالة على التركيز و k ثابت السرعة الذى يعين بسهولة من الخط البياني .

ولكن سرعة التفاعل يجب أن تتعلق بتركيز حمض الكبريتيك أيضا . وإذا تركب كمية الثيوكيرينات ثابتة وتخففت حمض الكبريتيك امكنك دراسة تغير سرعة التفاعل . ستستغرب أنها لن تتغير فى هذه الحالة ! ان مثل هذه الحالات ليست نادرة . ففى تجربتنا هذه يجرى تفاعل معقد وناتجه ، زهر الكبريت ، لا ينطلق فور حدوث الاصطدامات المباشرة بين جزيئات الثيوكيرينات والحمض .

وبوجه عام ، فان التفاعلات التى تتكون نواتجها فوراً ليست كثيرة . تتضمن التفاعلات المتتابعة المعقدة مرحلة تكون أبداً من

المراحل الأخرى . وهي في حالتنا هذه المرحلة الأخيرة التي يتكون فيها الكبريت وسمعتها هي التي قمنا بقياسها فعلا .

الخيوط الاصطناعية

غزت الخيوط الكيميائية العالم في السنوات الأخيرة . وبالرغم من أن الناس لا يزالون يزرعون القطن والكتان ويربون الأغنام والماعز إلا أن الصناعة أصبحت تضيف إلى الخيوط الطبيعية التقليدية خيوطا اصطناعية بغية إعطاء القماش متانة وجمالا ومقاومة للتجعد وغيرها من الخواص المفيدة الأخرى والتوفير في نهاية الأمر من استهلاك الخيوط الطبيعية .

ومن الصعب علينا أن نحضر الخيوط الكيميائية الواسعة الانتشار حاليا وهي الخيوط البولي أميدية (الكابرون مثلا) والبولي إثيرية (اللاسان مثلا) . ولكن سيقم اختيارنا على خيوط النحاس والنشادر ، فهي تعتبر من الخيوط الاصطناعية الأولى ، والمادة الأولية في صناعتها هي السيلولوز الموجود في نشارة الخشب وغيرها من نفايات صناعة الأخشاب ، وتعمل هذه الخيوط حاليا في صناعة السجاد والتريكو ، ولكن حجم استهلاكها أقل بكثير مما كان عليه في الماضي نظرا لظهور خيوط أخرى أكثر متانة وأقل ثمنها . وهي أفضل ما يمكن اختياره لاجراء تجاربنا .

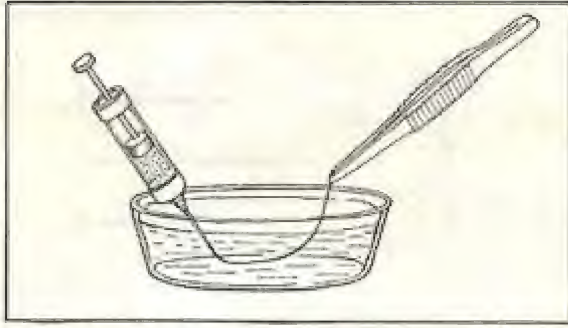
تشكل الخيوط الاصطناعية من محاليل لزجة تمرر خلال ثقب ضيقة حيث تنفصل المادة المذابة على شكل خيوط . وفي حالتنا هذه تكون المادة الأساسية في المحلول هي مركب النحاس مع النشادر ذو الصيغة العامة $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4](\text{OH})_2$.

وإذا لم يتوفر عندك هذا المركب ، فيمكنك أن تحضره بنفسك بمزج محلولين من كبريتات النحاس وضودا الغسيل مع بعضهما ثم ترشيح الراسب الناتج وتجفيفه .

اسكب في زجاجة ذات عنق ضيق ٢٠ ملل من محلول النشادر ذي التركيز ٢٥٪ (يفضل القيام بذلك تحت نافذة سحب الغازات أو في الهواء الطلق) وأضف إليها ٢ غم من كربونات النحاس القاعدية ، اغلق الزجاجة بسدادة من المطاط وخض المزيج كي تحصل على سائل متجانس ذي لون أزرق غامق هو محلول النحاس والنشادر . ولهذا المحلول خاصية هامة جدا وهي أنه قادر على إذابة السيلولوز .

اسكب المحلول الأزرق الغامق في زجاجتين صغيرتين بعد أن تختار لكل منهما سدادة من المطاط ، ارم في إحدى الزجاجتين قطعا صغيرة من القطن بحيث يجب غلق الزجاجة بالسدادة وخض المحلول بعد إضافة كل قطعة ، ارم في الزجاجة الثانية بالطريقة نفسها قطعا صغيرة من ورق نشاف أبيض أو ورق ترشيح . ويجب أن يتكون في الحالتين محلول لزج يشبه العصير السحلي . ويمكن منه الحصول على السيلولوز الذي يشكل أساس الخيوط . وللتأكد من ذلك ضع في كأس زجاجي خلا مخففا وأضف إليه نقطة نقطة من أحد المحلولين فتلاحظ أن ندفا من السيلولوز قد ترسبت في أسفل الكأس .

بيد أن الهدف لا تصلح لصنع الخيوط . فكيف إذن يمكن الحصول على الخيوط من المحلول ؟ يحصل عليها ، كما في المصانع ، بامرار المحلول خلال ثقب ضيق يقع في محلول لحمض الكبريتيك الذي يقوم بتثبيت شكل الخيط .



عليه ، والواقع أن هذا لم يكن هدفنا . فقد كان عنوان هذا الباب ، كما تذكر ، «الرؤية أفضل» وفعلا ، فقد شاهدت بأمر عينيك كيف يتكون من ورقة عادية مذابة في السائل الأزرق خيط حريري جميل :

حارس كيميائي

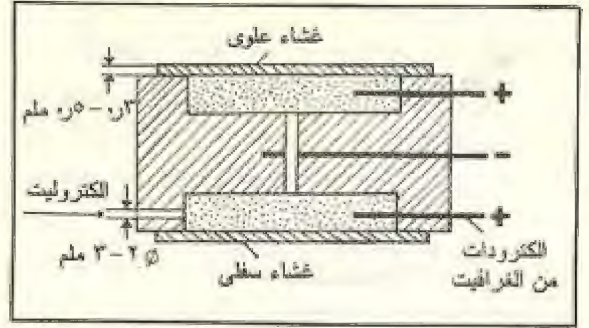
وها قد وصلنا الى التجربة الأخيرة في هذا الكتاب ، وهي أعقد وأصعب من التجارب السابقة لأنها تتطلب صنع جهاز صغير أطلقنا عليه اسم الحارس الكيميائي ولكن تسميته العلمية الأكثر دقة هي المحلول الالكترونى الكيميائي . وطبيعى أن تكون الأجهزة الكيميائية الالكترونية الحقيقية معقدة جدا . ومع ذلك ، فإمكانك أن تصنع نموذجا لواحد منها هو محلول الطاقة . ولكن ، يفضل أولا أن تتطلع على عمل هذه الأجهزة ، خاصة وأن المحلول الذى ستصنعه سيخدمك فى أغراض أخرى أيضا ،

وللاطلاع على كيفية حدوث ذلك يمكن إجراء التجربة التالية :
خذ كأسا زجاجيا يحوى محلولاً من حمض الكبريتيك تركيزه ١٠٪ ، نقط فيه من الماصة المحلول النحاسى الشادرى للقطن أو ورقة النشاف وستلاحظ كيف أن قسما من المحلول يهبط الى قعر الكأس تاركا وراءه خيطا لماعا . حاول أن تلتقط هذا الخيط بالملقط وأن تسحبه بحذر من الكأس . فتكون قد حصلت على خيط حقيقى من النحاس والشادر . صحيح أن الخيط الناتج ليس مستقيما جدا ولكن يمكن اصلاح هذا العيب بإجراءك للتجربة بمساعدة زميل لك حيث يقوم هو بتشكيل الخيط بينما تحاول أنت سحبه من المحلول .

أدخل ابرة محقنة طبية فى الأنبوب عريض من النقاط بحيث يلتصق بها جيدا ، املأ الأنبوب بالمحلول المراد صنع الخيط منه واعمر الابرة فى مغطس يحتوى على حمض الكبريتيك . يجب أن يقف زميلك على استعداد ويده الملقط : اذ ستحاول أنت ضغط المحلول فى الأنبوب بينما سيحاول زميلك التقاط الخيط المتكون بالملقط وسحبه خلال المحلول الموجود فى المغطس .

ان هذه التجربة تنجح غالبا بعد تمرين بسيط عليها وحاول أن تلف الخيط الناتج على بكرة . ويمكن أن يستبدل الأنبوب المطاطى هنا بمحقنة كبيرة .

تحضر الخيوط الفيسكوزية والأسيتاتية بالطريقة ذاتها ، ولكن قد تستعمل مذيبات أخرى للسايولوز الذى تبقى جزيئاته فى جميع الحالات متوضعة بحيث تشكل خيوطا موجهة ومستقيمة . وبديهي أنك لن تستطيع نسج منديل من الخيط الذى حصلت



حضر صندوقا اسطوانى الشكل من ألواح من الزجاج العضوى (البلاستيك الأكريلى) قطره ٤٠ ملم ويبلغ ارتفاعه حوالى ٢٠ ملم ، احفر على جانبيه الاسطوانة «حفرتين» (جوفين) قطر الواحدة منهما ٣٠ ملم وعميقها حوالى ٥ ملم ، وبشرط أن يبقى بينهما فاصل سميك نوعا ما ، اثقب تحت الفاصل مباشرة ثقباً قطره ٣ ملم لسكب الالكتروليت فيه واصنع له سداً متينة : اثقب من الناحية المقابلة ثلاثة ثقوب الواحد فوق الآخر وقطر كل منها يزيد قليلاً عن المليمتر وهى مخصصة للالكترودات . ويجب أن يقع الالكترود المركزى فى الفاصل ويقع الالكترودان العلوى والسفلى فى الحفرة الموافقة لكل منهما .

يستعمل غرافيت أقلام الرصاص كالالكترودات هنا . ويجب أن تغطى أقسام الغرافيت الواقعة خارج الصندوق بصمغ لعزلها تماماً . وبعد أن يجف الصمغ ، اثقب فى الفاصل ثقباً رفيعاً جداً لا يزيد قطره عن ٠.٥ ملم ويجب أن يمر خلال الالكترود الوسطى .

لم يبق لأعداد الجهاز نهائياً الا أن يلصق فى أعلى الصندوق

وأسفله غشاء رقيق من الزجاج العضوى يتراوح سمكه بين ٠.٣ و ٠.٥ ملم . ويكفى الآن أن يلصق الغشاء السفلى .

والآن تنتقل الى الالكتروليت . أذب فى كأس زجاجى مملوء حتى نصفه بالماء ٢٠ أو ٣٠ غم من يوديد البوتاسيوم ثم سخن المحلول بلطف وأضف اليه حوالى ١ غم من اليود ، اسكب هذا الالكتروليت من خلال الثقب الجانبى الأعرض الى داخل الحفرة السفلى مع مراعاة عدم بقاء فقاعات من الهواء فيها ويفضل لتحقيق ذلك أن تجرى هذه العملية بواسطة محقنة طبية . وبعد امتلاء الحفرة العليا يلصق الغشاء الثانى ثم تغلق فتحة الصندوق هذه بسداً محكمة تطلّى بالصمغ لتثبيتها جيداً .

سيعمل هذا المحلول على بطارية لمصباح الجيب الكهربائى . اربط الالكترودين العلوى والسفلى بالقطب الموجب للبطارية واربط الالكترود المتوسط بالقطب السالب . ويفضل أن يضاف الى الدارة مقاوم متغير ومقياس للفولطية (فولطمتر) ومقياس لشدة التيار (أمبييرمتر) . اجعل الجهد بواسطة المقاوم المتغير يساوى ٠.٨ أو ٠.٩ فولط وسبدل عندئذ مقياس شدة التيار المرتبط بسلسلة الالكترود المركزى على تيار شدته من ٢٠٠ الى ٣٠٠ ميكروأمبير . اترك الدارة مغلقة لمدة خمس عشرة ساعة فينخفض التيار تدريجياً حتى يبلغ ١٠ - ٢٠ ميكروأمبير وهى الشدة اللازمة هنا . والآن أصبح المحلول جاهزاً للعمل .

وأبسط طريقة للتحقق من كيفية عمله هى أن ينفخ على أحد الفلشائين أو يلمس برأس ابرة فتتحرف ابرة مقياس شدة التيار فوراً نحو اليمين . وهذا يعنى أن العين لا تستطيع ملاحظة اهتزاز الغشاء ولكن المحلول يتحسس بها فوراً .

ولنوضح الآن لماذا يحدث ذلك : تتعلق شدة التيار بكمية اليود الواقعة بالقرب من الالكترود السالب ، أى الكاثود . فالليود يختزل على الكاثود بفعل التيار المستمر ولكنه يتكون مجدداً من الايونات على الأنود . ولهذا يبدو اليود وكأنه يحول من الكاثود الى الأنود . وبعد شحن المحلول ينخفض التيار قليلاً لأن كمية تنضاهل تدريجياً عند الالكترود السالب . ولكن ، ما أن يرفع الغشاء بحركة خفيفة حتى تصل الى الكاثود دفعة اضافية ، وإن كانت صغيرة جداً ، من جزيئات اليود ، فيتجسس المحلول بهذا التغير فوراً ، ويزداد التيار عندئذ .

إن مثل هذه الأجهزة حساس جداً فيمكنها ، فى حال صنعها ، بدقة ، أن تتحسس ببضع جزيئات فقط . ويستفاد من حساسيتها عملياً وذلك عندما تكون الإشارة أو النبضة الكهربائية ضعيفة جداً ويصعب تسجيلها بواسطة أجهزة أخرى . وهى تستعمل مثلاً فى الأبحاث الطبية وتستخدم فى الصناعة كمعدادات للقطع الصغيرة التى تتحرك على الناقل .

ولكن ، ألا يجوز استعمال مثل هذا المحلول فى البيت أو المدرسة ؟ طبعاً ممكن . فلماذا إذن لا يحول الى جهاز ينوئك بوصول الضيوف ؟ إذ يكفى لذلك أن يعلق على باب الشقة وسيتحسس حالما يلمس الضيف الباب . وطبيعياً أن استعمال مثل هذا المحلول للغرض المذكور أمر غير مريح تماماً ، إذ يجب علينا أن ننظر طيلة الوقت الى مقياس شدة التيار ومراقبة لحظة انحراف ابرته . ولكن يمكن حل هذه المشكلة بأن تضاف الى المحلول وحدة إشارة كالجرس او المصباح الكهربائى . حاول

أن تقوم بذلك بنفسك وإذا لم تتمكن ، فاستعن بخبرة أستاذ الفيزياء .

ونشير هنا الى أن مثل هذا «الحارس» الكيميائى يستعمل فى حماية المباني الهامة ، كالمصارف مثلاً ، ولكنه هنا لا ينبأ بقدم الضيوف ، وإنما ينذر بالخطر .

وهكذا نكون قد وصلنا الى الصفحة الأخيرة وقمت بآخر تجربة كيميائية .

ولكن مهلاً ، فماذا يقصد بعبارة «آخر تجربة» ، إذ لم يكن هدفنا هنا أبداً تقديم عرض شامل لجميع التجارب الكيميائية الممكن اجراؤها وإنما بقى الكثير منها خارج نطاق هذا الكتاب فالتجارب الكيميائية كثيرة جداً بحيث أن كتاباً كهذا ، وحتى أكبر منه بكثير ، لا يمكنه استيعابها كلها . ولا شك أنك تستطيع الآن العثور على هذه التجارب فى المجلات والكتب العلمية والمدرسية ولنا وطيد الأمل بأن اجراء التجارب الكيميائية أصبح من الأمور المحببة لك .

ومن ناحية أخرى ، فانك قادر الآن على وضع التجارب الكيميائية بنفسك . وقد نهيناك عن ذلك فى بداية الكتاب لعدم توفر الخبرة لديك آنئذ . أما الآن ، فقد أتقنت جيداً العديد من الأساليب والوسائل التكنولوجية وتعرفت على الطرائق الآمنة فى العمل وتبقى جميع التحذيرات سارية المفعول وخاصة فيما يتعلق بسكب المحاليل واستعمال كميات كبيرة من المواد المتفاعلة وغيرها من الاحتياطات التى يرتكبوها عادة الكيميائيون المبتدئون . والناحية الهامة جداً هى أن تتوفر لديك فكرة واضحة عن سير التفاعل وعن الشروط التى يتم فيها . وهذا ما ستطلب

معرفة مسيقة بالنظرية الكيميائية يمكن أن تحصل عليها من كتاب الكيمياء المدرسى أو من أى مرجع علمى أو نشرة علمية أخرى . ولا تنس أن تتوجه بطلب النصيحة والمشورة من أستاذ الكيمياء أو الأستاذ المشرف على الأعمال المخبرية . وبعد ذلك كله يمكنك الشروع باجراء التجربة بدقة وهذوء .
وسنعتبر أن هذا الكتاب ليس مجموعة من المواقف والارشادات موجهة الى الكيميائيين المبتدئين ، وانما هو تمهيد لعمل سيقومون به فى المستقبل . ويكون الهدف من هذا الكتاب قد تتحقق ولم يذهب الجهد سدى اذا ساهمت هذه التجارب ، ولو بوسط بسيط ، فى تصميمك على أن تتركس نفسك لخدمة الكيمياء فى المستقبل .

المقدمة	٥
الباب الأول . مخبر كيميائى فى المنزل	٨
الباب الثانى . التجارب الأولى	٢٤
الرسم باليود	٢٤
أدلة (مشعرات) من صنك	٢٥
تجارب على الاستخلاص	٢٨
تجارب على الغازات	٣١
الأكسدة والاختزال (الارجاع)	٣٥
الامتزاز	٣٩
التنظيف الكيميائى	٤٣
الفصل	٤٦
شمعة من الصابون	٥١
الطبائير والرغام وقشرة البيفة	٥٤
التحليل الكهربائى فى الكأس	٥٦
التقدير والرماس	٦٢
الألومينيوم والكروم والنيكل	٦٦
تجارب على سلك نحاس	٦٨
الباب الثالث . لتتظر داخل عزانة المطبخ	٧٢
تجارب على البيروتين	٧٣
تجارب على الكربوهيدرات	٧٦
سكر من النشارة	٨٠
فنجان من الشاى	٨٦
والماغام مفيدة أيضا	٩٠

١٩٧	ضياء الأجسام الصلبة
١٩٨	باقة رائحة
٢٠٠	الباب السادس . الرؤية أفضل
٢٠١	تجارب على الأنزيمات - الأوكسيداز والبيروكسيداز
٢٠٨	تجارب على الأنزيمات - الديهيدروجينازات
٢١٢	تجارب على الأنزيمات - الأميلازات
٢١٦	الأميلاز ليس وحده
٢١٨	الكروماتوغرافيا في البيت
٢٢١	الشعاع سقط على البلورة
٢٢٤	صورة فوتوغرافية غريبة
٢٢٩	السرعة تلتفت الأنظار
٢٤٠	الخيط الاصطناعية
٢٤٣	حارس كيميائي

٩٤	عصير الثمار
٩٨	تجارب في فصل الصيف
١٠١	كم تبلغ نسبة الفيتامين C في التفاح ؟
١٠٧	الوزن مر وحلو
١١٠	الباب الرابع . تجارب ممتعة ومفيدة
١١٠	الدهانات الزيتية
١١٤	الأحضان
١٢٠	الدهانات المائية
١٢٢	وسيلة ضد الصدأ
١٢٤	لندن ولا دهان
١٣٠	الطلاء بالكهرباء (الطلاء الفلغاني)
١٣٤	التشغيل أو القولية الفلغانية
١٣٩	غشاء الحق النثيل
١٤١	الزجاج والمينا
١٤٧	صلصال من صنعك
١٤٨	لنفضس المرأة !

١٥٤	الباب الخامس . مهارة اليدين
١٥٤	الملقحة مقوم
١٥٨	المصباح الكهربائي يشتعل بعد ثقباب
١٦٢	العمر الطويل البطارية
١٦٦	التيار الكهربائي من مواد متوفرة لديك
١٧٠	البلورات كبيرة وصغيرة
١٧٦	زخرفات بلورية
١٧٩	كنز على الصحن
١٨١	الخفى يصبح مرئيا
١٨٤	« ألعاب سحرية » بسيطة
١٩٠	ساعة كيميائية
١٩٢	قوس قزح من دون شمس
١٩٤	محاليل مشبعة

ان دار «مير» هي اكبر دور النشر السوفيتية التي تصدر الكتب المعربة من اللغة الروسية في مجالات العلم والهندسة والطب ، مساهمة بذلك في اغناء المكتبة العربية ورفدها بأخر ما توصل اليه العلم المعاصر . ويستصدر دار «مير» قريبا الكتب التالية :

«الكيمياء العامة واللاعضوية» تأليف اخميتوف

يشرح هذا الكتاب المفاهيم العصرية لبنية المادة والرابطة الكيميائية اعتمادا على نظريتي الروابط التكافؤية والمدارات الجزيئية ويتطرق الى مواضيع في الترموديناميكا الكيميائية ثم يعرض الطرائق المطبقة في دراسة بناء المادة والعناصر وخواصها حسب تصنيفها في الجدول الدوري .

يعد الكتاب مرجعا مفيدا لمدرسي الكيمياء وطلبة الدراسات العليا وطلبة كليات الكيمياء في الجامعات والمعاهد العليا .

أيها القارئ العزيز !

تصدر دار «مير» لمطبعة والدور مختلف الكتب العلمية والفنية المختارة من أفضل المراجع الجامعية وكذلك بعض الكتب العلمية البسيطة . وهذه الكتب تصدر باللغة العربية وغيرها من اللغات الأجنبية الأخرى .

ويسر الدار معرفة رأيكم في هذه الكتب ، وتكون شاكرة لكم لو أبدىتم لها ملاحظاتكم حول مضمونها وترجمتها وتصميمها الفني .

عنايتنا :

الاتحاد السوفيتي - موسكو ١١٠

بيرني ويجسكي بيربولوك ٢

«مسائل وتجارب في الكيمياء اللاعضوية»
تأليف أخميتوف وآخرين

يتميز هذا الكتاب بأنه يجمع بين المسائل النظرية والعملية ، اذ يعرض التجربة وكأنها دراسة علمية مستقلة تبدأ بسرد المهمة المرجوة منها ويلجأ تحليل نظري لمراحلها ثم تنتهي بإثبات تجريبي . ويستعين المؤلفون أثناء شرحهم بالمفاهيم البنيوية الحديثة والقوانين الترموديناميكية ومبادئ سير التفاعلات الكيميائية . والكتاب مرفق بحلول لأهم المسائل الواردة فيه ، لذا سيكون مرجعا مفيدا لمدرسي الكيمياء والطلبة في الجامعات والمدارس الثانوية .

«القانون العظيم» في الكيمياء تأليف بتريانوف
وتريفونوف

القانون العظيم في الكيمياء هو قانون التصنيف الدوري للعناصر الذي اكتشفه العالم مندليف . كتابنا هذا يتحدث بأسلوب مستع عن قصة اكتشاف القانون الدوري ، اذ يستعرض نبذة موجزة عن اهم الاحداث العلمية التي مهدت لهذا الاكتشاف ، وكيف تحققت تنبؤات مندليف بهذا الخصوص ويعطى وصفا شيقا لمسيرة القانون الطويلة في تحديه للعقبات والمحن التي جابهته ، بعد ذلك يدرس الكتاب علاقة القانون الدوري ببناء الذرة وكيفية احداث العناصر الاصطناعية وعناصر ما بعد اليورانيوم ويتحدث عن دور الحاسبات الالكترونية في الكيمياء المعاصرة وكيمياء المستقبل . الكتاب مخصص لمحبي المعرفة بشكل عام ولهواة الكيمياء بشكل خاص .